



TUGAS AKHIR - TM 141585

PENGEMBANGAN RANCANG BANGUN SEPEDA *PASCA STROKE*

Oleh:
SANDY OKTAVIAN
2111 100 011

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TM 141585

DEVELOPMENT OF PASCA STROKE BIKE DESIGN

SANDY OKTAVIAN
NRP 2111 100 011

Supervisor
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng

DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN RANCANG BANGUN SEPEDA PASCA STROKE

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SANDY OKTAVIAN

Nrp. 2111 100 011

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof.Dr.Ing.Ir. I Made Londen Batan, M.Eng...(Pembimbing)
NIP. 19581106 198601 1001
2. Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA (Penguji I)
NIP. 19650810 199102 1001
3. Dinny Harnany, ST, MSc. (Penguji II)
NIP. 2100201405001
4. Arif Wahjudi, ST, MT; Ph.D (Penguji III)
NIP. 19730322 200112 1001

SURABAYA

Juli 2016

PENGEMBANGAN RANCANG BANGUN SEPEDA *PASCA STROKE*

Nama Mahasiswa : Sandy Oktavian
NRP : 2111 100 011
Program Studi : S - 1

Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.Ing. I Made Londen
Batun, M.Eng

Abstrak

Salah satu cara penanganan pasien *pasca stroke* ringan dapat dilakukan melalui olahraga teratur, untuk terapi kesehatan. Tujuan dari terapi *pasca stroke* adalah membantu penderita menyembuhkan fungsi tubuh yang terganggu akibat *stroke*. Secara umum pada pasien *stroke* terjadi penurunan secara fisik pasien, yaitu kehilangan sebagian fungsi motorik seperti kelumpuhan pada salah satu sisi anggota tubuh, kehilangan fungsi koordinasi anggota tubuh lainnya atau kehilangan keseimbangan pada anggota tubuh yang bersangkutan.

Untuk itu sejak tahun 2014 di Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk dirancang dan dikembangkan sepeda roda tiga, selanjutnya disebut sebagai sepeda *pasca stroke*. Sepeda *pasca stroke* ini dirancang untuk memenuhi kriteria-kriteria yang sesuai dengan kebutuhan pasien *pasca stroke*, seperti *rigid*, aman, ringan dikayuh, dapat dibelokkan, dan mudah digunakan. Material yang digunakan untuk rangka adalah *ASTM A36* dengan tegangan ijin 550MPa. Analisa tegangan statis dilakukan dengan bantuan *software Autodesk Inventor 2014* dan didapat tegangan maksimum sebesar 103,6MPa. Dengan bantuan *software CATIA* risiko cedera pengendara dievaluasi dengan *RULA* dan nilainya adalah 2 dan 3. Artinya sepeda kuat dan aman, serta nyaman untuk digunakan. Mekanisme kayuhan tangan sepeda dibuat *independent*, sehingga dapat dikayuh secara terpisah, dan dapat dipilih mode kayuhan tangan untuk terapi tangan sesuai kebutuhan. Rangka sepeda terbuat sebagian besar dari pipa disambung dengan *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*. Selanjutnya dilakukan perakitan komponen menjadi sebuah rangka, lalu dilakukan pengecatan. Dengan berbagai perlengkapan rangka dirakit menjadi sebuah *prototype* sepeda *pasca*

stroke yang rigid dan aman serta nyaman sehingga benar-benar bermanfaat untuk pasien *pasca stroke*.

Selanjutnya dilakukan uji fungsi, dengan hasil sepeda dapat digerakkan dengan kaki, bergerak lurus berbelok, menaik dan menurun. Mekanisme kayuhan tangan dapat digerakkan pada kondisi statis dan dinamis untuk terapi tangan.

Kata kunci: *Mekanisme kayuh sepeda, pengembangan sepeda, sepeda pascastroke*

DEVELOPMENT OF *PASCA STROKE* BIKE DESIGN

Name of Student : Sandy Oktavian
NRP : 2111 100 011
Study Program : S-1
Department : Mechanical Engineering FTI-ITS
Supervisor : Prof. Dr.Ing. I Made Londen
Batun, M.Eng

Abstract

One of the treatments of Light Class Post Stroke Patient can be done with daily exercise for health therapy. The purpose of therapy is for helping patients to recover their body function after stroke. Generally, there is decreasing of bodies motorist function due stroke such as dysfunction of a half body, loss of coordination ability from other part of body or loss of balance of body.

For that purpose, since 2014 in Design Product and Development Laboratory, the three wheel bike has been built and designed named by Post Stroke Bike. This bike has been built for fulfill the suitable criterions for post stroke therapy, such as rigid, safe, light pedal light movement, and easy for use. Bike's frame uses ASTM A36 with 550 MPA permitted pressure. Static pressure analysis has been performed by Autodesk Inventor 2014 and gives result for 103,6 MPA. Injury risk analysis has been performed by CATIA and gives value 2 and 3 with RULA. Which means this bike is safe, neat and strong enough for using. Pedal's mechanism has been built independently, can be used separately, and can be chosen hand pedal mode for hand therapy purposes. Frame is made from tube and welded by Gas tungsten Arc Welding (GTAW). Then, those are assembled and painted. With all of items and accessories, the bike is built for post stroke patient purposes.

Next step are function test, and the result are foot pedal can be used, straight movement is okay, Turn movement is okay, move up and down are okay. Hand pedal mechanism can be used for static condition and dynamic condition for hand therapy.

Keywords: *bicycle pedal mechanism, bike development, pasca stroke bike*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Percobaan	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Alat Terapi <i>Pasca Stroke</i>	7
2.2 Penelitian Terdahulu.....	8
2.3 Teori-Teori Kegagalan	10

2.4 Faktor Keamanan (<i>safety factor</i>)	13
2.5 Analisa Resiko Cedera dengan Metode <i>RULA</i>	14
2.6 Analisa Postur Tubuh	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Langkah-Langkah Penelitian.....	19
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	21
BAB IV PENGEMBANGAN SEPEDA PASCA STROKE	
4.1 Kajian Produk <i>Existing</i>	23
4.2 Pengembangan Konsep Sepeda Baru	25
BAB V PEMBUATAN, PERAKITAN, DAN EVALUASI DESAIN	
5.1 Tempat Pembuatan	47
5.2 Proses Pembuatan Rangka dan Perakitan	48
5.3 Evaluasi Stabilitas Sepeda <i>Pasca Stroke</i>	59
5.4 Evaluasi Mekanisme Kayuhan Tangan	62
5.5 Evaluasi Desain Rangka dan Suspensi	63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71
BIODATA PENULIS	7

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Faktor Keamanan pada Material	14
Tabel 2.2 Tahapan Aplikasi Metode <i>RULA</i>	14
Tabel 2.3 Tabel <i>RULA</i> bagian A	15
Tabel 2.4 Tabel <i>RULA</i> bagian B	16
Tabel 2.5 Tabel <i>RULA</i> bagian C	17
Tabel 2.6 Nilai Tingkat Resiko Cedera	14
Tabel 4.1 Pengembangan Sepeda <i>Pasca Stroke</i> Baru	26
Tabel 4.2 Besar Gaya Pada Batang Komponen Rangka Sepeda	40
Tabel 4.3 Faktor Keamanan Pada Material [Nugraha, 2004]..	43
Tabel 4.4 Perancangan Rangka Utama dan Kayuhan Tangan.....	43
Tabel 5.1 Bagian Komponen Sepeda yang Dibuat dan Dibeli.....	49
Tabel 5.2 Bagian-Bagian Rangka Tengah Serta Proses Manufakturnya.....	50
Tabel 5.3 Bagian-Bagian Rangka Samping Serta Proses Manufakturnya.....	51

Tabel 5.4 Bagian-Bagian Rangka Belakang Serta Proses Manufakturnya.....	52
Tabel 5.5 Hasil Uji Fungsi Sepeda <i>Pasca Stroke</i>	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 <i>Prototype</i> Sepeda <i>Pasca Stroke</i> (Rodika,2014)...	1
Gambar 1.2 Alat Pengembangan Sepeda <i>Pasca Stroke</i>	3
Gambar 1.3 Alat Sepeda Statis Hasil Observasi	4
Gambar 2.1 Alat Terapi Sepeda Statis	7
Gambar 2.2 Alat Terapi Treadmill	8
Gambar 2.3 Konsep 1, 2, 3, 4 Sepeda <i>Pasca Stroke</i> (Anas, dkk, 2014)	9
Gambar 2.4 Pengembangan Sepeda <i>Pasca Stroke</i> (Syifa, dkk, 2015)	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1 Dimensi dan Geometri Sepeda Yang Sudah Ada.....	23
Gambar 4.2 Uji Fungsi Kayuhan Sepeda <i>Pasca Stroke</i>	24
Gambar 4.3 Analisa Sepeda pada Postur Tubuh 160 cm	26
Gambar 4.4 Analisa Sepeda pada Postur Tubuh 180 cm	27
Gambar 4.5 <i>Adjustable</i> posisi <i>Steering</i> dan <i>Seat</i> Sepeda	27
Gambar 4.6 Rancangan Sepeda <i>Pasca Stroke</i> Tampak Samping	28

Gambar 4.7 Rancangan Sepeda <i>Pasca Stroke</i> Tampak Atas...	29
Gambar 4.8 Rancangan Sepeda <i>Pasca Stroke</i> Tampak Depan.....	29
Gambar 4.9 Pengunci <i>steering</i> Kemudi.....	31
Gambar 4.10 Komponen Pemberat	32
Gambar 4.11 <i>Assembly</i> Pemberat	32
Gambar 4.12 Mode Kayuh <i>Steering</i>	34
Gambar 4.13 Mode Kayuh <i>Alternate</i>	35
Gambar 4.14 Mode Kayuh <i>Synchrhon</i>	36
Gambar 4.15 Mode Kayuh <i>Left Side</i>	36
Gambar 4.16 Mode Kayuh <i>Right Side</i>	37
Gambar 4.17 Besar Gaya pada Batang Komponen Rangka....	38
Gambar 4.18 Analisa Kekuatan Material Autodesk Inventor 2014 dan Titik Maksimum	42
Gambar 5.1 Fasilitas Mesin Bubut	47
Gambar 5.2 Fasilitas Mesin Frais	47
Gambar 5.3 Sepeda <i>Pasca Stroke</i> Beserta Bagiannya.....	48
Gambar 5.4 Bagian-Bagian Rangka Tengah	50
Gambar 5.5 Bagian-Bagian Rangka Samping	51
Gambar 5.6 Bagian-Bagian Rangka Belakang	52

Gambar 5.7 Perakitan Rangka Tengah, Samping dan Rangka Belakang Tampak Depan.....	53
Gambar 5.8 Perakitan Dudukan <i>Sprocket</i> Sepeda	54
Gambar 5.9 Komponen Part Pemberat	55
Gambar 5.10 Rangkaian Assembly Pemberat	55
Gambar 5.11 Perakitan Roda Depan Tampak Samping	56
Gambar 5.12 Perakitan Roda Depan Tampak Belakang	57
Gambar 5.13 Perakitan Sepeda Tampak Samping	58
Gambar 5.14 Sepeda Bergerak Lurus.....	60
Gambar 5.15 Perhitungan Ackermann	61
Gambar 5.16 Sepeda Bergerak Belok	62
Gambar 5.17 Mekanisme Kayuhan Tangan	63
Gambar 5.18 Analisa <i>Displacement</i>	64
Gambar 5.19 Peletakan Suspensi pada Rangka Tengah Sepeda	65

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

<i>Principal Analysis</i>	<i>71</i>
<i>Displacement Analysis</i>	<i>71</i>
<i>Stress Coordinate XX Analysis.....</i>	<i>72</i>
<i>Stress Coordinate YY Analysis</i>	<i>72</i>
<i>Stress Coordinate ZZ Analysis</i>	<i>73</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu cara penanganan pasien *pasca stroke* dapat dilakukan melalui olahraga teratur, karena sama halnya dengan terapi. Tujuan dari rehabilitasi *pasca stroke* adalah membantu penderita mempelajari kembali fungsi tubuh yang terganggu. Biasanya hal nyata yang terlihat pada pasien *stroke* secara fisik adalah pasien kehilangan sebagian fungsi motorik seperti kelumpuhan pada salah satu sisi anggota tubuh, kehilangan fungsi koordinasi anggota tubuh atau kehilangan keseimbangan pada salah satu sisi anggota tubuh yang bersangkutan. Kemampuan motorik ini dapat dikembalikan dengan beberapa cara seperti pengobatan dan terapi motorik. Dalam upaya untuk membantu masa penyembuhan penderita *pasca stroke* telah banyak diciptakan berbagai macam alat bantu, seperti *treadmill* dan sepeda statis. Dalam masa rehabilitasi, penderita *stroke* akan belajar bergerak, berfikir, dan merawat diri sendiri. Untuk membantu penderita *stroke* menyembuhkan kembali penyakit yang dideritanya, pada tahun 2014 saudara Rodika dan Riva'i merancang dan membuat sepeda roda tiga seperti pada gambar 1.1



Gambar 1.1 *Prototype Sepeda Pasca Stroke* (Rodika, 2014)

Dari hasil studi lapangan di Rehabilitasi Medik Rumah Sakit Umum Haji Surabaya, ternyata terdapat banyak hal yang harus diperhatikan dalam penetapan jenis terapi pada pasien *pasca stroke*. Pasien yang datang ke bagian Rehabilitasi Medik mula-mula dites terlebih dahulu kondisi fisik dan keterbatasan kemampuan fisik yang dimilikinya. Pasien digolongkan sesuai dengan terapi yang dibutuhkan, yaitu terapi pemulihan *soft motoric* untuk mendukung aktivitas sehari-hari pasien dan ada terapi pemulihan *gross motoric* untuk melatih gerak dasar tubuh. Terapi pemulihan *gross motoric* di Rumah Sakit Umum Haji dilakukan secara konvensional, yaitu dengan melatih pergerakan tangan, kaki, dan postural tubuh pasien sehingga dapat mendekati fungsi tubuh manusia normal. Penggunaan alat bantu seperti sepeda statis membantu pemulihan fungsi *gross motoric* pasien, namun pasien hanya bisa bergerak atau melakukan latihan terapi di suatu tempat tanpa adanya mobilitas dan hanya dapat melatih otot kaki sedangkan otot tangan tidak. Padahal pasien *pasca stroke* membutuhkan terapi pada bagian tangan. Selain itu mobilitas pasien juga penting untuk menambah hiburan dan motivasi dalam hidupnya.

Untuk mengatasi masalah tersebut, pada tahun 2015 pengembangan sepeda *pasca stroke* dilakukan oleh saudara Syifa' yang dapat dilihat pada gambar 1.2. Konsep sepeda tersebut memiliki panjang 1710 mm, lebar 850 mm, dan tinggi 1030 mm. Konsep sepeda tersebut dilengkapi dengan mekanisme lipat pada bagian belakang dan pada rangka depan bagian kanan dan kiri sepeda tersebut cukup ringan, sehingga sepeda dengan mudah dapat diangkat.

Dari uji fungsi dapat diketahui bahwa sepeda dapat dikayuh dengan tangan maupun kaki. Namun karena banyak mekanisme lipatan pada rangka utama, maka sepeda menjadi tidak *rigid*, dan susah untuk di belokkan.



Gambar 1.2 Pengembangan Sepeda *Pasca Stroke* (Syifa', dkk, 2015)

Untuk pengembangan rancangan sepeda *pasca stroke* dari saudara syifa', dilakukanlah studi lapangan di R.S.U. Haji observasi produk yang sudah ada di pasaran. Dari hasil observasi tersebut, tempat yang di tuju adalah klinik dan ruang rehabilitasi *stroke* di R.S.U. Haji, objek yang dituju pada intinya dilakukan untuk membantu orang *stroke* agar cepat sembuh. Untuk melengkapi kajian produk eksisting, dilakukan observasi ke tempat pusat penjualan peralatan olahraga, yaitu sepeda statis.



Gambar 1.3 Sepeda Statis Hasil Observasi

Dari kajian dan studi lapangan serta observasi yang sudah dilakukan, dikembangkan sepeda roda tiga , selanjutnya sepeda *pasca stroke*. Sepeda tersebut ditujukan tidak hanya untuk terapi statis, namun juga dimanfaatkan untuk terapi dinamis. Sepeda dirancang memenuhi kebutuhan utama, yang *rigid*, ringan, aman dikayuh. Untuk membantu terapi fisik penderita *stroke*, yang umumnya sulit menggerakkan tangan dan/atau kaki akibat *stroke*, maka sepeda dilengkapi dengan kayuhan tangan. Disamping itu yang utama adalah pengembangan di fokuskan pada kegunaan untuk pasien *pasca stroke*, yang di titik beratkan pada uji fungsi, sehingga dapat membantu terapi fisik penderita *stroke*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, maka permasalahan dapat dirumuskan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana rancangan geometri rangka sepeda *pasca stroke* dan perakitanannya?
2. Bagaimana merancang mekanisme kayuh menggunakan kaki dan/atau tangan secara *Independent*?
3. Apakah sepeda *pasca stroke* yang dibuat dapat memenuhi syarat keselamatan dan dapat digunakan untuk berpindah (dikayuh) diatas bidang datar, menanjak, menurun, dan berbelok ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat prototype rangka sepeda *pasca stroke*
2. Merancang mekanisme kayuh menggunakan kaki dan/atau tangan secara *independent*.
3. Mengetahui apakah sepeda *pasca stroke* yang dibuat dapat memenuhi syarat keselamatan dan dapat digunakan untuk

berpindah (dikayuh) diatas bidang datar, menaik, menurun, dan berbelok.

1.4 Batasan Masalah

Agar tujuan dari penulisan tugas akhir ini lebih terarah dan sistematis, maka batasan masalah diperlukan. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Rancangan dikhususkan pada rangka utama dan beberapa aksesoris pendukung
2. Komponen standar menggunakan komponen yang sudah ada di pasaran (roda, mur dan baut, *sprocket*, sedel, *shockbreaker*, pedal)
3. Sepeda ditujukan untuk penderita *pasca stroke*, yaitu penderita yang sudah mampu menyangga badan dan duduk
4. Sepeda dirancang untuk pengendara orang Indonesia dengan tinggi antara 160-180 cm dan berat maksimal 100 kg
5. Proses manufaktur dibatasi pada pembuatan komponen utama yaitu rangka
6. Proses manufaktur hanya dijelaskan secara garis besar
7. Uji fungsi hanya dilakukan pada kayuhan, dan kemudi

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengembangan mekanisme kayuh menggunakan kaki dan/atau tangan secara *independent*
2. Memberikan gambaran proses manufaktur untuk pembuatan sepeda *pasca stroke*
3. Dapat menjadi dasar ilmu pengetahuan, terutama dalam hal perancangan dan pembuatan produk

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat Terapi *Pasca Stroke*

2.1.1 Alat Terapi Sepeda Statis

Alat terapi sepeda statis digunakan pada pasien yang sakit pengapuran, nyeri lutut, stroke, atau pasca kecelakaan yang dianjurkan dokter untuk melatih kaki, lutut atau persendiannya. Alat sepeda statis yang biasa (yang pakai sadel), akan kesulitan untuk naik ke alat itu, takut terguling jatuh. Selain itu juga lebih praktis, karena tidak usah keluar rumah, bisa latihan sendiri di rumah dan aman dipakai oleh manula. Bisa juga untuk terapi tangan yg stroke (ditempatkan di meja). Alat ini dilengkapi dengan setelan berat/ringan kayuhan & pengatur panjang sepeda. Berat = 4 kg, ukuran = 65 x 65 x 35 cm. Sepeda statis tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alat Terapi Sepeda Statis

[<http://store.mitraasia.com/produk-5-terapi-kesehatan-sepeda-statis.html>]

2.1.2 Alat Terapi *Treadmill*

Studi baru menemukan bahwa program latihan berjalan yang terstruktur dan progresif menggunakan treadmill efektif membantu pasien yang terserang stroke setelah satu tahun dalam membangun kekuatan dan keseimbangan tubuh. Studi ini juga menemukan bahwa *pasca stroke*, 52 persen pasien stroke yang berpartisipasi, baik dalam program terapi fisik yang

mencakup latihan berjalan menggunakan treadmill maupun program rumahan yang berfokus pada kekuatan progresif dan latihan keseimbangan, kesemuanya diketahui mengalami peningkatan dalam kemampuan berjalan. Gambar 2.2 adalah sebuah *treadmill* yang banyak dimanfaatkan untuk terapi stroke.



Gambar 2.2 Alat Terapi Treadmill
[<http://www.mediaindonesia.com>]

Uji coba ini digelar oleh *Locomotor Experience Applied Post-stroke (LEAPS)* dan dipimpin oleh terapis fisik Pamela W Duncan serta melibatkan 408 peserta yang mengalami stroke baru-baru ini. "Para peneliti awalnya berhipotesis bahwa berat badan didukung *treadmill* dan program berjalan lebih efektif ketimbang latihan yang dilakukan hanya di rumah. Namun, setelah satu tahun kedua metode itu terbukti memiliki efektivitas sama yakni mampu meningkatkan kecepatan berjalan, keseimbangan, dan kualitas hidup," kata Duncan dari Duke University School of Medicine di Durham, North Carolina.

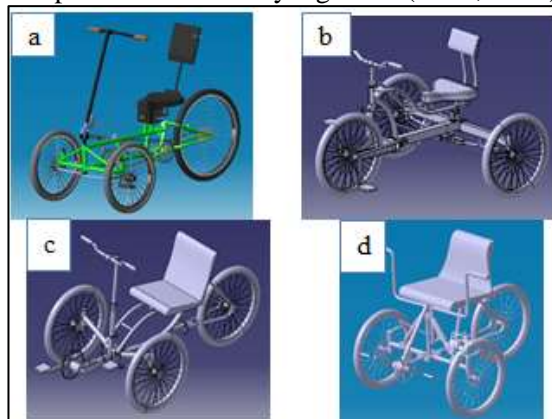
Menurut Duncan, penelitian yang ia gelar selama enam bulan itu memberikan kesimpulan bahwa kedua bentuk program terapi fisik, baik *treadmill* dan latihan fisik di rumah lebih efektif dan unggul jika dibandingkan dengan perawatan standar yang biasa diberikan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sepeda *pasca stroke* dirancang dan dibuat Rodika (2013) untuk membantu penanganan pasien *pasca stroke*. Secara prinsip, sepeda tersebut sudah cukup memenuhi fungsinya, yaitu dapat

digerakkan dengan kayuhan kaki dan tangan. Namun sepeda tersebut masih terdapat beberapa kekurangan, yaitu jarak antara poros roda belakang dan depan masih panjang. Akibat dimensi yang besar, maka sepeda tersebut cukup berat, sehingga sepeda masih susah dikayuh oleh penderita *pasca stroke* dan juga masih sulit dipindahkan dari tempat satu ke tempat yang lain (Riva'i, 2013).

Kekurangan-kekurangan tersebut diperbaiki dan dilakukan pengembangan desain oleh Andi (Andi, 2014). Alternatif konsep dari pengembangan juga dianalisa oleh Arifa dari segi analisa kekuatan material, analisa gerak serta ergonomi (Arifa, 2014) dan Anas dari segi manufaktur, waktu perakitan dan efisiensi desain perakitan di tahun yang sama (Anas, 2014).



Gambar 2.3 a) Konsep 1, b) Konsep 2, c) Konsep 3, d) Konsep 4 Sepeda Pasca Stroke (Anas, dkk., 2014)

Berdasarkan hasil analisa, dipilih konsep 1. Rincian analisa tersebut adalah analisa kekuatan, analisa gerak, analisa ergonomi, serta analisa manufaktur dan perakitan dipilih konsep 1 yang dapat dikatakan aman (Arifa, 2014). Estimasi waktu manufaktur yang dibutuhkan untuk konsep 1 = 254.78 menit dan nilai efisiensi desain perakitan konsep 1 = 24,10 % (Anas, 2014).

Pada tahun 2015, konsep pengembangan sepeda *pasca stroke* dilakukan oleh saudara Syifa' dapat dilihat pada gambar

1.3. Konsep sepeda tersebut memiliki panjang 1710 mm, lebar 850 mm, dan tinggi 1030 mm. Konsep sepeda tersebut dilengkapi dengan mekanisme lipat pada bagian belakang dan pada rangka depan bagian kanan dan kiri. Sehingga sepeda dengan mudah dapat diangkat.



Gambar 2.4 Pengembangan Sepeda *Pasca Stroke* (Syifa', dkk, 2015)

Hasil evaluasi rancangan dari konsep tersebut adalah mekanisme kayu dengan fungsi *steering* terpisah, sehingga pada saat sepeda hendak dikayuh dan dibelokkan harus mengganti posisi tangan atas dan bawah. Hal ini dapat membahayakan bagi pengemudi pasien *pasca stroke*. Kemudian *steering* sepeda pada saat hendak dibelokkan memiliki sudut radius yang besar dan tidak ringan bagi pengemudi pasien *pasca stroke* sehingga membuat tidak nyaman. Selain itu posisi sambungan sepeda pada rangka tengah tidak rigid sehingga hal ini juga membahayakan bagi pengemudi pasien *pasca stroke*.

2.3 Teori-Teori Kegagalan

Kegagalan dari suatu elemen mesin yang menerima pembebanan dinyatakan apabila elemen tersebut tidak dapat berfungsi lagi dengan baik sesuai dengan fungsinya. Oleh sebab itu perlu diberikan kriteria- kriteria kapan elemen mesin tersebut dapat dikatakan gagal. Secara umum untuk pembebanan static terdapat dua tipe kriteria, yaitu:

1. Distorsi (*distorsion*) atau deformasi plastis (*plastic strain*)
Deformasi plastik adalah perubahan bentuk yang merupakan

kelanjutan dari deformasi elastik yang bersifat permanen meskipun tegangan dihilangkan. Elemen dinyatakan gagal apabila material dari elemen mesin tersebut sudah mengalami deformasi plastik karena sudah melewati harga batas tertentu. Harga batas ini adalah tegangan atau lulur (*yield point*) material. Atau jika material tidak memiliki data *yield point*, maka dapat digunakan standar 0.2 *offset yield point*

2. Patah/ rusak (*fracture*)

Kegagalan ini dinyatakan apabila material dari elemen mesin tersebut sudah patah atau terpisah menjadi dua bagian atau lebih. Untuk tipe kegagalan ini dipergunakan batas harga tegangan maksimum (tarik maupun tekan) yang diijinkan pada material. Untuk pembebanan dinamik atau beban siklik kriteria kegagalan untuk pembebanan statik dapat dipergunakan, sedangkan pada prediksi keadaan tegangan dikombinasikan dengan *fatigue* limitnya.

2.3.1 Teori- Teori Kegagalan Statik

Teori- teori kegagalan statik adalah suatu teori yang menjelaskan kegagalan pada suatu spesimen tes standar. Jika luluh terjadi, maka ini mungkin disebabkan oleh beban yang melebihi kapasitas kemampuan dari materialnya, yang terdiri dari masing-masing kapasitas bertahan terhadap tegangan normal, tegangan geser, regangan normal, regangan geser, kapasitas menyerap energi regangan dan kapasitas untuk menyerap distorsi energi. Hasil-hasil dari tes standar digunakan untuk mengaplikasikan besar kapasitas yang dipilih. Jadi, jika dari tes tarik standar diketahui suatu material mempunyai kekuatan luluh misalnya 100 ksi, maka asumsi harus selalu diambil bahwa material tersebut akan luluh bila menerima sembarang kombinasi-kombinasi pembebanan statik yang mana bisa salah satu dari kondisi berikut, jika:

- a) Tegangan normal maksimum melebihi 100 ksi
tegangan geser maksimum melebihi 50 ksi
- b) Regangan normal maksimum melebihi harga maksimum yang dimiliki material

- c) Energi regangan total maksimum melebihi harga yang dimiliki material
- d) Distorsi energi maksimum melebihi harga yang dimiliki material.

2.3.2 Teori Kegagalan Energi Distorsi (Von Mises)

Salah satu kriteria untuk menyatakan tegangan dua dimensi adalah teori energi distorsi yang menyatakan sebuah formula.

$$S^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dari lingkaran Mohr diperoleh persamaan untuk dua tegangan, yaitu:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan demikian dapat diperoleh persamaan baru, yaitu:

$$S_y^2 = \sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

Kegagalan akan terjadi bila :

$$\sigma' = \frac{S_y}{n_s} \dots \dots \dots (2.5)$$

artinya desain akan gagal jika tegangan izin ($\frac{S_y}{n_s}$) lebih kecil dari pada tegangan maksimal yang terjadi (σ')

2.4 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan merupakan rasio dari tegangan maksimum dengan tegangan kerja atau desain, yang secara matematis sebagai berikut :

$$FaktorKeamanan = \frac{Tegangan\ Maksimum}{Tegangan\ Kerja\ atau\ Desain} \quad (2.6)$$

Pada kasus material yang ulet misalnya baja lunak dimana tegangan luluhnya telah diketahui maka dibagi dengan tegangan kerja. Sedangkan pada material yang getas misalnya besi tuang dimana tegangan luluhnya sulit diprediksi maka faktor keamanannya diambil dari tegangan maksimum (*Ultimate Strength*) material dibagi dengan tegangan kerja. Rumus tersebut di atas hanya berlaku pada pembebanan statis.

[Aaron d. deuchman, Machine Design]

2.4.1 Penentuan Faktor Keamanan

Penentuan besarnya faktor keamanan yang sesuai tergantung pada beberapa pertimbangan antara lain material, proses pembuatan, tipe pembebanan, kondisi kerja dan bentuk komponen. Berikut merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan faktor keamanan yaitu:

1. Ketahanan sifat-sifat pada material selama proses pembebanan.
2. Keandalan pada saat menerima pembebanan.
3. Tingkat pembebanan.
4. Menurunnya umur komponen saat terjadi kegagalan.
5. Kerugian material bila terjadi kegagalan.

Penentuan faktor keamanan haruslah cermat karena tingginya faktor keamanan akan menyebabkan besarnya dimensi komponen dan borosnya material, sedangkan rendahnya faktor keamanan menyebabkan besarnya resiko yang tidak diinginkan.

Tabel 2.1 Faktor Keamanan pada Material

<i>Material</i>	<i>Steady Load</i>	<i>Live Load</i>	<i>Shock Load</i>
Besi Tuang	5-6	8-12	16-20
<i>Besi Tempa</i>	4	7	10-15
<i>Baja</i>	4	8	12-16
<i>Material lunak dan paduan</i>	6	9	15
<i>Kulit</i>	9	12	15
<i>Kayu</i>	7	10-15	20

(www.sersasih.wordpress.com)

2.5 Analisa Resiko Cedera dengan Metode *RULA*

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah suatu metode penilaian terhadap bagian tubuh dan otot seseorang saat beraktivitas, yang diukur dengan tingkat risiko cedera (degree of injury risk). Resiko yang dimaksud adalah resiko kecelakaan atau cedera tubuh atau otot, akibat dari bagian tubuh bergerak, karena tidak sesuai dengan pola gerak yang benar disebut sebagai gerak bagian tubuh yang tidak ergonomis. Menurut [McAtamney, 93], untuk menerapkan metode *RULA* pada gerak atau kerja tubuh ada 3 (tiga) langkah yang perlu dilakukan, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Tahapan Aplikasi Metode *RULA* (McAtamney, 93)

LANGKAH	URAIAN
1	Penilaian postur kerja tubuh
2	Penilaian kelompok postur kerja tubuh
3	Penjumlahan nilai total

2.6 Analisa Postur Tubuh

Untuk menghasilkan sebuah metode kerja yang cepat untuk digunakan, tubuh dibagi dalam segmen-segmen yang membentuk dua kelompok atau grup yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, punggung, dan kaki. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh postur tubuh terekam, sehingga segala kejanggalan atau batasan postur oleh kaki, punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi postur anggota tubuh bagian atas dapat tercakup dalam penilaian.

1. Group A. Bagian Lengan Bawah Atas, Lengan Bagian Bawah dan Pergelangan Tangan

Tabel 2.3 Tabel *RULA* bagian A

[<http://ergonomic-fit.blogspot.co.id/2011/03/analisis-postur-kerja-rula.html>]

A. Arm and Wrist Analysis					Table A: Wrist Posture Score				
<p>Step 1: Locate Upper Arm Position:</p> <p>+1 +2 +3 +4</p> <p>Step 1a: Adjust: If shoulder is relaxed: +1 If upper arm is abducted: +1 If arm is supported or person is leaning: +1</p> <p>Step 2: Locate Lower Arm Position:</p> <p>+1 +3</p> <p>Step 2a: Adjust: If upper arm is working across midline or out to side of body: Add +1</p> <p>Step 3: Locate Wrist Position:</p> <p>+1 +2 +3</p> <p>Step 3a: Adjust: If wrist is bent from midline: Add +1</p> <p>Step 4: Wrist Twist:</p> <p>+1 +2</p> <p>Step 4a: Adjust: If wrist is twisted in mid-range: +1 If wrist is at or near end of range: +2</p> <p>Step 5: Look-up Posture Score in Table A: Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.</p> <p>Step 6: Add Muscle Use Score: If posture is steady (i.e. held 10 minutes): If action repeated occurs 45% per minute: +1</p>					<p>1 2 3 4</p> <p>Wrist Twist Wrist Twist Wrist Twist Wrist Twist</p>				
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Jangkauan untuk gerakan lengan atas (upper arm) nilainya adalah :

- 1 untuk ekstensi 20° dan fleksi 20°
- 2 untuk ekstensi lebih dari 20° atau fleksi antara 20-45°;
- untuk fleksi antara 45-90°;
- untuk fleksi lebih dari 90°

2. Group B. Bagian Leher, Punggung dan Kaki

Tabel 2.4 Table *RULA* Bagian B

[<http://ergonomi-fit.blogspot.co.id/2011/03/analisis-postur-kerja-rula.html>]

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

+1 0-10° +2 15-20° +3 30° +4 30-45°

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

+1 0° +2 5-20° +3 20-60° +4 60°+

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Table B: Trunk Posture Score

Posture	1		2		3		4		5	
	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1
If not: +2

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck Score

Trunk Score

Leg Score

Posture Score B

Muscle Use Score

Force/Load Score

Neck, Trunk & Leg Score

Sebagai tambahan, jika leher (*neck*) dipuntir nilai bertambah 1. Jika leher bergerak menyamping, maka nilai

ditambah 1. Nilai yang didapatkan akan dimasukan pada tabel B pada kolom leher.

Dari hasil tabel A dan B, kemudian ditempatkan pada tabel C, seperti tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Tabel *RULA* bagian C

[<http://ergonomi-fit.blogspot.co.id/2011/03/analisis-postur-kerja-rula.html>]

Table C: Neck, trunk and leg score

		1	2	3	4	5	6	7+
Wrist and Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Berikut penjelasan nilai dari tabel 2.5, terlihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Nilai Tingkat Resiko Cedera

[<http://ergonomi-fit.blogspot.co.id/2011/03/analisis-postur-kerja-rula.html>]

Range Skor	Keterangan
1 dan 2	Diterima selama tidak dijaga atau berulang untuk waktu yang lama.
3	Diterima namun dibutuhkan penyelidikan lebih jauh
4	Dibutuhkan penyelidikan lebih jauh dan mungkin saja perubahan diperlukan
5 dan 6	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan segera
7	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan sesegera mungkin (mendesak)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah – Langkah Penelitian

Dalam perancangan pengembangan sepeda *pasca stroke* dilakukan berdasarkan tahapan sebagai berikut:

1. Studi Pustaka dan Lapangan
2. Kajian Produk *Existing*
3. Pengembangan Sepeda *Pasca Stroke*
4. Perancangan Komponen Sepeda
5. Analisa Kekuatan Material
6. Gambar Detail Sepeda
7. Pembuatan dan Perakitan
8. Evaluasi Fungsi Sepeda
9. Kesimpulan dan Saran

3.1.1 Studi Pustaka dan Lapangan

Studi pustaka mengenai bentuk rangka dan bagian-bagian komponen sepeda, juga geometri, posisi dan bentuk yang baik dan aman saat sepeda *pasca stroke* digunakan. Juga informasi lain dari buku - buku referensi dan jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas. Serta dimensi dari sepeda *pasca stroke* terdahulu guna menjadi referensi ukuran sepeda yang ada dengan konsep sepeda yang dirancang.

Studi pustaka ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa buku, ebook, artikel, jurnal yang ada kaitannya dengan perancangan dan pengembangan produk. Serta mempelajari *software* program *Autodesk Inventor 2014*, *CATIA* dan perhitungan metode *RULA*.

3.1.2 Kajian Produk *Existing*

Mengamati dan mempelajari desain sepeda yang sudah dibuat beserta komponen-komponennya. Melakukan analisa pada sepeda, yaitu mencari kelebihan dan kelemahan ataupun hal yang menyebabkan desainnya kurang efisien. Dalam hal ini yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah sepeda hasil rancangan dari Rodika (2013) dan Syifa' (2015).

3.1.3 Pengembangan Sepeda *Pasca Stroke*

Berdasarkan atas hasil studi pustaka, kajian produk *existing* dan desain terbaru 2015, akan dikembangkan lagi desain yang sesuai kebutuhan dan benar-benar bermanfaat. Pada tahun ini akan dikembangkan konsep sepeda baru. Konsep sepeda baru akan di evaluasi dari aspek geometri rangka dan rula. Pengendara pasien *stroke* diawasi agar dapat mengayuh dengan ringan dan nyaman. Posisi kaki dan tangan sebagai pengayuh sepeda dapat di atur sesuai dengan kebutuhan sehingga benar-benar bisa digunakan. Pengembangan desain difokuskan pada uji fungsi dan kebermanfaatan untuk pasien *pasca stroke*.

3.1.4 Perancangan Komponen Sepeda

Komponen sepeda dirancang berdasarkan pengembangan konsep dengan mempertimbangkan aspek perakitan, kekuatan material dan manufaktur. Rancangan digambar menggunakan bantuan *software Autodesk Inventor 2014* untuk mendapatkan desain rangka, sambungan dan masing-masing komponen penyusunnya.

3.1.5 Analisa Kekuatan Material

Rangka yang telah dirancang dihitung kekuatan material bahan terhadap beban yang diterima sebesar 100 kg. Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software Autodesk Inventor 2014*.

3.1.6 Gambar Detail Sepeda

Setelah proses analisa kekuatan material dilakukan maka selanjutnya dibuat gambar detail dari sepeda dengan bantuan fitur *drafting* pada *software Autodesk Inventor 2014*.

3.1.7 Pembuatan dan Perakitan

Setelah gambar detail selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pembuatan rangka sepeda. Kemudian dilakukan perakitan sepeda menjadi satu kesatuan yang utuh, sebuah sepeda roda tiga dalam bentuk *prototype*.

3.1.8 Evaluasi Fungsi Sepeda

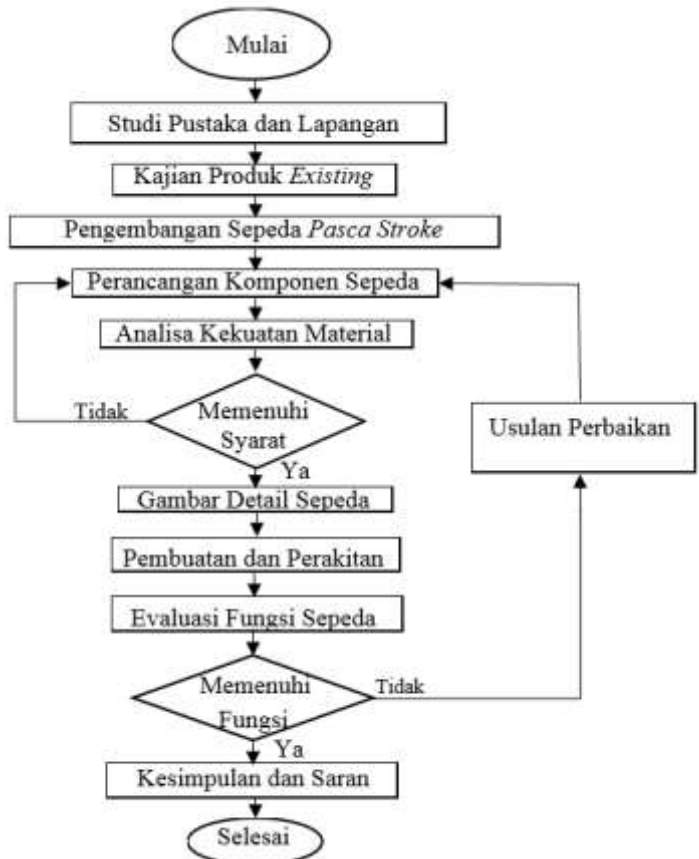
Sebelum dilakukan pengujian peformasi hasil rancangan yang berbentuk prototipe dievaluasi fungsinya. Uji fungsi yang dimaksud adalah uji kemudi, dan kayuhan (tangan dan kaki).

3.1.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hal-hal penting dalam proses pengembangan konsep dan pembuatan *prototype*. Berdasarkan hasil evaluasi, jika dibutuhkan disusun saran rekomendasi untuk perbaikan di kemudian hari.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Untuk menjelaskan langkah-langkah penelitian agar lebih sistematis, maka dibuat diagram alir penelitian, seperti gambar 3.1 di bawah ini.

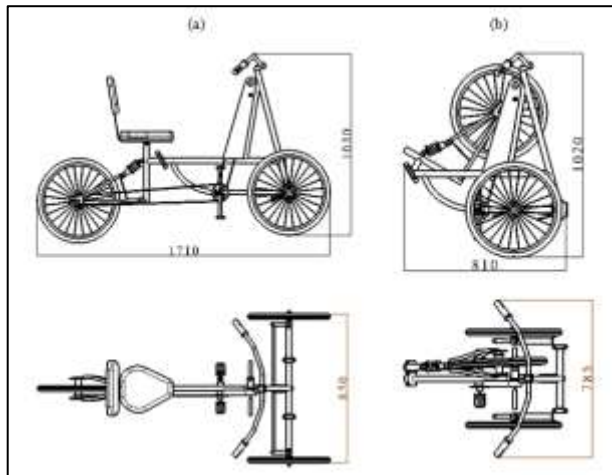


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV PENGEMBANGAN SEPEDA *PASCA STROKE*

4.1 Kajian Produk *Existing*

Produk yang sudah ada adalah dari Syifa' [2015]. Geometri dan dimensi sepeda seperti terlihat pada gambar 4.1. Sepeda yang dirancang ini, memiliki dua roda depan dan satu roda belakang. Bentuk dan ukuran sepeda *pasca stroke* yang belum dilipat dan setelah dilipat. Ukuran sepeda sebelum dilipat memiliki panjang 1710 mm, lebar 850 mm, dan tinggi 1030 mm. Setelah dilipat bagian belakang dan sampingnya, ukuran sepeda berubah menjadi memiliki panjang 810 mm, lebar 785 mm, dan tinggi 1020 mm.



Gambar 4.1 Dimensi dan Geometri Sepeda Yang Sudah Ada (a) saat dibuka (b) saat dilipat (Syifa', dkk, 2015)

Pada mekanisme penggeraknya sepeda ini memiliki dua penggerak. Penggerak yang pertama yaitu pada bagian kayuh kaki seperti pada umumnya sepeda. Sedangkan untuk melengkapi kebutuhan terapi, ditambahkan penggerak pada bagian kayuh tangan. Tujuannya ditambahkan pengayuh tangan ini adalah untuk terapi *stroke* pada bagian tangan. Selain itu pengayuh ini

juga dihubungkan transmisi pada kayuh kaki. Pada kayuh tangan ini memiliki sistem independen, dimana pada kayuh tangan ini bisa diputar atau digerakkan secara tersendiri, sehingga pasien dapat menentukan sendiri menu kayuh sesuai kebutuhan yang diinginkan. Kayuh tangan ini tidak digunakan sebagai *steering control* sepeda. Jadi fungsi kayuh tangan ini untuk penggerak transmisi roda gigi yang dihubungkan pada kayuh kaki untuk menggerakkan sepeda dan untuk menu terapi pada tangan. Sedangkan untuk *steering control* sepeda terdapat *steering* kemudi sendiri.



Gambar 4.2 Uji Fungsi Kayuhan Sepeda *Pasca Stroke*

Secara prinsip, sepeda tersebut sudah memenuhi fungsinya, yaitu dapat digerakkan dengan menggunakan kayuhan tangan dan kayuhan kaki. Selain itu sepeda tersebut juga mampu dilipat, sehingga bentuk geometri dan dimensinya lebih kecil, dimana tujuan dari sepeda yang mampu dilipat ini adalah supaya lebih praktis untuk dibawa kemana-mana, mudah dimasukkan didalam mobil, sehingga mudah diangkat dan diturunkan didalam mobil. Namun, dari beberapa inovasi yang dibuat ini justru memiliki kekurangan yang cukup vital, mengingat awal tujuan utama dibuat sepeda *pasca stroke* ini adalah untuk terapi orang *stroke*. Hal tersebut terlihat pada beberapa evaluasi dari sepeda *pasca stroke* tersebut, seperti :

Pertama adalah terletak pada kemudi kayuhan tangan. Pada kemudi kayuhan tangan ini memiliki fungsi ganda, yaitu untuk terapi tangan dan untuk penggerak transmisi sepeda *pasca stroke*. pada prinsipnya cukup bagus, dalam satu alat (kayuh tangan) memiliki dua fungsi, namun disisi lain hal ini memberi

celah untuk mengalami kecelakaan pada sistem kemudi, karena pada saat pasien hendak melatih atau menginginkan penggunaan kayuhan tangan untuk terapi tangan, pasien harus merubah posisi tangannya terlebih dahulu, yang semula kedua tangan pasien digunakan untuk memegang *steering* kemudi, selanjutnya pasien harus melepas salah satu tangannya untuk berpindah menu dari *steering* kemudi menuju kayuhan tangan. Sehingga bukan tidak mungkin pada saat proses berpindahnya salah satu tangan pasien ini menyebabkan kesetimbangan pasien menjadi goyah, dimana menyebabkan pasien mengalami hal-hal yang tidak diinginkan, mengingat pada sepeda *pasca stroke* tersebut tidak dilengkapi belt pada sedel sebagai penahan tubuh pasien agar kondisi tubuh tetap tegak.

Selanjutnya, evaluasi yang kedua adalah terletak pada sistem lipat yang terdapat pada sepeda tersebut. Dengan adanya inovasi sistem lipat, sepeda menjadi lebih praktis untuk dibawa dimanapun. Namun disisi lain, semakin banyak lipatan yang terdapat pada sepeda tersebut menjadikan sepeda tidak kaku (*rigid*), tidak nyaman, mudah goyah, yang memungkinkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan pada pasien *pasca stroke*, sehingga mempengaruhi proses penyembuhannya.

4.2 Pengembangan Sepeda *Pasca Stroke* Baru

Dari kajian sepeda yang sudah ada, dibuat desain baru untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan pada produk sebelumnya. Desain baru ini diharuskan memiliki rangka sepeda yang lebih *rigid* dari pada sepeda sebelumnya, tetap aman untuk digunakan, dan nyaman saat dikendarai oleh pasien. Kayuhan tangan harus memenuhi fungsinya untuk membantu terapi tangan *pasien stroke*, dan mudah untuk dimanufaktur. Berikut ini adalah beberapa pengembangan sepeda beserta alasannya yang dirangkum dalam tabel.

Tabel 4.1 Pengembangan Sepeda *Pasca Stroke* Baru

No	Sepeda Terdahulu (2015)	Pengembangan Sepeda (2016)	Keterangan
1			Rangka tengah sepeda dibuat tanpa ada sambungan atau lipatan supaya <i>rigid</i> sehingga lebih aman.
2			Rangka samping sepeda dibuat tanpa ada lipatan supaya lebih aman. Ditambahkan suspensi agar lebih nyaman saat berkendara di jalan yang tidak rata.

Bentuk geometri dimensi sepeda disesuaikan dengan tinggi rata-rata orang Indonesia, yaitu rentang 160 – 180 cm. Untuk pembahasan lebih jelasnya sebagai berikut:

➤ Analisa Sepeda pada Postur Tubuh 160 cm

Penggunaan sepeda *pasca stroke* ini mampu digunakan untuk pasien *pasca stroke* pada postur tubuh 160 cm. Untuk menyesuaikan kondisi pengendara, pada kayuhan tangan mampu dirubah posisinya. Berdasarkan gambar dibawah, pengendara memiliki panjang tangan lengan bagian atas 531 mm, panjang tangan lengan bagian bawah 524 mm, panjang paha kaki 628 mm dan panjang lengan kaki bagian bawah 713 mm.

**Gambar 4.3** Analisa Sepeda pada Postur Tubuh 160 cm

Dari hasil analisa RULA menunjukkan bahwa sepeda dikategorikan nyaman digunakan untuk pengendara dengan postur tubuh 160 mm, dimana besar nilai RULA adalah 2.

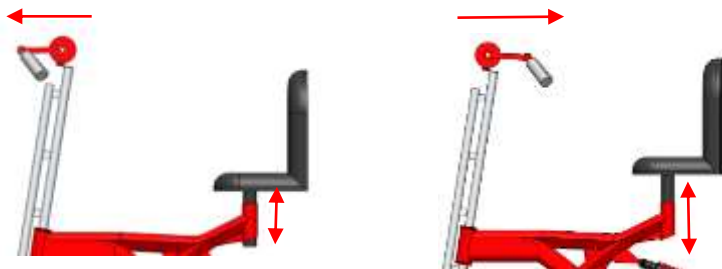
➤ Analisa Sepeda pada Postur Tubuh 180 cm

Pada pengendara pasien dengan postur tubuh 180 cm, sepeda disesuaikan dengan pengendara. Berdasarkan gambar dibawah, pengendara memiliki panjang tangan lengan bagian atas 552 mm, panjang tangan lengan bagian bawah 535mm, panjang paha kaki 654mm, dan panjang lengan kaki bagian bawah 724 mm.



Gambar 4.4 Analisa Sepeda pada Postur Tubuh 180 cm

Dari hasil analisa RULA menunjukkan bahwa sepeda dikategorikan nyaman digunakan untuk pengendara dengan postur tubuh 180 mm, dimana besar nilai RULA adalah 3.

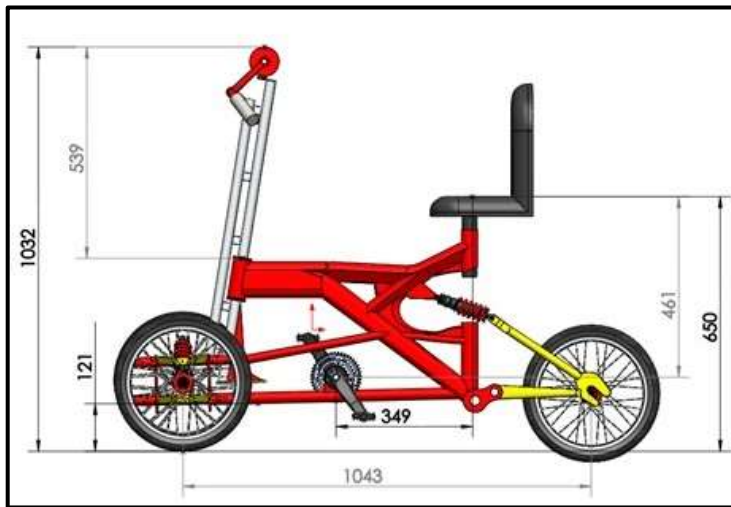


Gambar 4.5 Adjustable posisi *Steering* dan *Seat* Sepeda

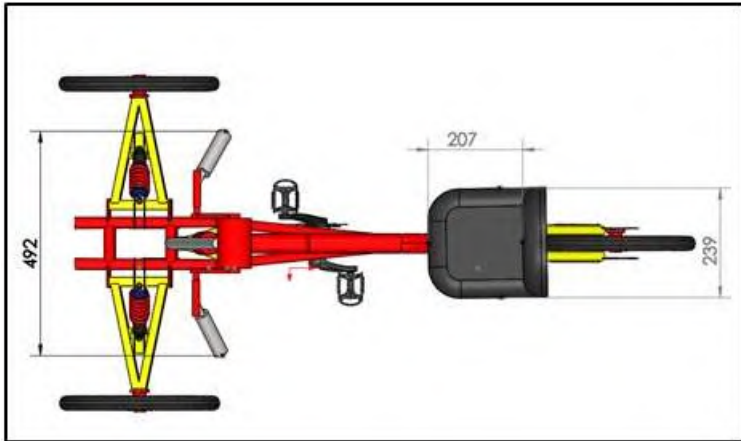
4.2.1 Material, Geometri dan Ukuran Sepeda

Sepeda yang dirancang memiliki dua roda depan dan satu roda belakang. Seperti yang terlihat pada gambar 4.6.

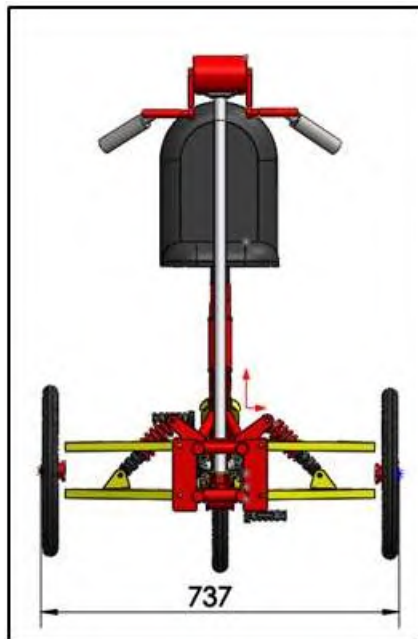
Komponen rangka utama pada sepeda ini tersusun oleh pipa yang berbentuk silindris dan bentuk oval. Untuk memastikan geometri nyaman untuk pengendara, salah satu referensi bentuk sepeda ini adalah dari produk yang ada di pasaran, karena produk tersebut sudah memiliki standard internasional, dimana banyak kalangan masyarakat Indonesia cocok dengan geometri dan ukuran sepeda untuk menggunakan produk tersebut. Rangka sepeda menggunakan jenis material baja ASTM A36. Sepeda ini dirancang untuk pengendara dengan tinggi antara 150 – 180 cm dan berat maksimal 100 kg. Ukuran dari sepeda ini memiliki panjang antara titik pusat roda depan dan belakang 1043 mm, lebar 737 mm, dan tinggi 1032 mm.



Gambar 4.6 Rancangan Sepeda *Pasca Stroke* Tampak Samping



Gambar 4.7 Rancangan Sepeda *Pasca Stroke* Tampak Atas



Gambar 4.8 Rancangan Sepeda *Pasca Stroke* Tampak Depan



4.2.2 Mekanisme Kayuhan Tangan dan *Steering* Kemudi

Sepeda ini dirancang untuk terapi tangan dan kaki penderita *stroke*. Pada *steering*, kemudi didesain menjadi dua fungsi, yaitu sebagai *steering* kemudi dan sebagai kayuhan tangan untuk terapi tangan. Untuk fungsi yang pertama, yaitu sebagai *steering* kemudi, secara prinsip sama seperti sepeda pada umumnya. Selanjutnya untuk fungsi yang kedua, yaitu sebagai kayuhan tangan. Letak perbedaan dari desain sebelumnya adalah pada sistem kayuhan tangan ini tidak dihubungkan sebagai transmisi, dan penggerak roda sepeda hanya terletak pada kayuhan kaki. Kayuhan tangan ini murni hanya digunakan untuk *steering* kemudi dan kayuhan tangan untuk terapi tangan pasien. Cara merubah posisi dari fungsi *steering* kemudi menjadi fungsi kayuhan tangan adalah dengan melepas pin atau pengunci *steering* yang terletak di antara kedua kemudi. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengunci *steering* kemudi

Mekanisme kayuhan tangan ini terdiri dari komponen pemberat yang berbentuk silindris, yang dilengkapi dengan poros dan *bearing*. Bagian tersebut terletak diantara kedua kemudi, disusun dalam satu rangkaian komponen *assembly*, Secara rinci bagian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Satu part tabung silindris berongga,
2. Satu part poros bertingkat,
3. Dua buah bearing.

Part silindris yang dimaksud ini digunakan sebagai pemberat, yang digunakan untuk melatih otot-otot tangan pasien saat memutar tangan. Material yang digunakan adalah baja. Untuk lebih jelasnya komponen pemberat bisa dilihat pada gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.10 Komponen Pemberat



Gambar 4.11 *Assembly* Pemberat

Pada pemberat kayuhan tangan ini terdapat lubang tempat pelumasan, sehingga apabila saat dikayuh terasa sulit diputar, maka diberi pelumas.

4.2.3 Evaluasi Ergonomi Rancangan

Ergonomi rancangan dievaluasi dengan metode RULA dengan bantuan software CATIA V5R20. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* adalah sebuah metode untuk menilai postur, gaya, dan gerakan suatu aktivitas kerja yang berkaitan dengan penggunaan anggota tubuh bagian atas (*upper limb*). Metode ini dikembangkan untuk menyelidiki resiko kelainan yang akan dialami oleh seorang pekerja dalam melakukan aktivitas kerja yang memanfaatkan anggota tubuh bagian atas (*upper limb*). Pada tahap awal, manikin model orang (pengendara sepeda) yang ditetapkan dari ukuran umum tubuh manusia Indonesia. Sesuai dengan metode RULA, maka pada gambar pengendara sepeda *pasca stroke* hanya dirubah posisi pada tubuh bagian atas (*upper limb*) saja, sedangkan bagian tubuh pengendara di bagian bawah pinggang (posisi kaki) dibuat tetap pada posisi yang paling besar resiko cideranya. Dengan bantuan metode RULA ini akan didapatkan skor atau nilai tingkat resiko cedera. Berdasarkan tabel 2.6, maka rentang nilai yang dikategorikan aman yaitu rentang nilai 1-2, dan 3-4. Sedangkan rentang nilai 5-6, dan 7 dikategorikan memiliki nilai resiko cedera yang tinggi. Nilai 1 dan 2 menunjukkan, bahwa sikap tubuh tersebut diterima (risiko cedera tidak ada). Artinya rancangan aktivitas dengan nilai total ini dapat memberikan kenyamanan, tanpa risiko cedera. Nilai 3 dan 4 menandakan, bahwa sikap kerja berada diantara rentang gerakan yang cukup aman (risiko cedera cukup kecil), akan tetapi untuk aktivitas yang berulang-ulang, investigasi lebih lanjut diperlukan.

Selain mengevaluasi ke-ergonomian dari rancangan sepeda, pada tahap ini dapat juga diketahui fungsi beberapa mekanisme penting seperti mekanisme kayuh, baik dengan tangan maupun dengan kaki. Ada lima mode kayuhan yang bisa

dilakukan, yaitu: *steering*, *alternate*, *synchron*, *left side* dan *right side*.

Mode kayuhan pada sepeda ini bermacam-macam, tujuannya untuk memudahkan pasien untuk memilih mode atau jenis terapi mana yang dibutuhkan.. Berikut macam-macam mode kayuhan dengan nilai *RULA*-nya:

1. *Steering*

Pada mode ini pasien mengayuh dengan kaki dan melakukan kemudi seperti sepeda pada umumnya. Kemudi diatur tepat dengan posisi tubuh pengendara. Kursi dari sepeda dapat diatur tinggi dan rendah sesuai jangkauan kaki dari pengendara. Posisi kayuhan tangan juga bisa diatur sesuai jangkauan tangan pasien, yaitu dengan cara melepas pin terlebih dahulu pada kayuhan tangan. Nilai *RULA* pada mode *steering* ini adalah 3. Artinya rancangan desain sepeda khususnya pada mode *steering* masih dapat diterima, seperti terlihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Mode Kayuh *Steering*

2. Alternate

Seperti terlihat pada gambar 4.13. Mode ini disebut juga bergantian (*alternate*), artinya antara tangan kiri dan kanan mengayuh secara bergantian seperti yang biasa dilakukan pada kayuh kaki. Kayuhan ini bisa dilakukan bersamaan dengan kayuhan kaki (*full body alternate*) maupun hanya kayuhan tangan saja. Pada mode ini otot-otot tangan dan punggung pasien dilatih untuk bergerak bergantian secara periodik dan juga menyelaraskan gerakan tangan dan kaki. Gerakan dari sepeda diatur cenderung lurus saat berjalan, sehingga tangan pada kemudi dapat dilepas untuk mengayuh. Nilai RULA pada mode ini adalah 3, artinya rancangan desain sepeda saat mode *alternate* masih dapat diterima.



Gambar 4.13 Mode Kayuh Alternate

3. Synchron

Posisi pada mode ini tangan mengayuh pedal secara bersamaan (*synchron*) antara kanan dan kiri. Pada mode ini juga bisa dilakukan dengan kayuhan tangan saja atau bersamaan dengan kayuhan kaki (*synchron full body*). Mode ini juga bisa dilakukan dengan posisi tubuh yang berbeda. Posisi yang pertama adalah tubuh stabil, artinya gerakan tangan tidak diikuti gerakan tubuh, sedangkan posisi tubuh yang kedua adalah dinamis, artinya gerakan tangan diikuti gerakan tubuh. Tujuan dari mode ini adalah untuk membantu

pasien menyelaraskan antara bagian tubuh kanan dan kiri. Nilai *RULA* pada mode ini seperti terlihat pada gambar 4.14 adalah 3, artinya rancangan desain sepeda ini masih dapat diterima.



Gambar 4.14 Mode Kayuh *Synchron*

4. *Left Side*

Mode ini menggunakan tangan kiri untuk mengayuh, sedangkan tangan kanan untuk mengemudikan sepeda. Hal ini memudahkan bagi pasien yang masih kesulitan untuk menggerakkan separuh anggota tubuhnya. Nilai *RULA* pada mode ini seperti terlihat pada gambar 4.15 adalah 3, hal itu menunjukkan rancangan desain masih dapat diterima.



Gambar 4.15 Mode Kayuh *Left Side*

5. *Right Side*

Seperti terlihat pada gambar 4.16 mode ini sama dengan *left side* hanya saja menggunakan tangan kanan untuk mengayuh dan tangan kiri untuk mengemudi. Nilai *RULA* pada mode ini juga 3 untuk *right side*, dan 2 untuk *left side* artinya rancangan desain sepeda ini masih dapat diterima.



Gambar 4.16 Mode Kayuh *Right Side*

4.2.4 Perancangan Komponen

4.2.4.1 Analisis Kekuatan Rangka

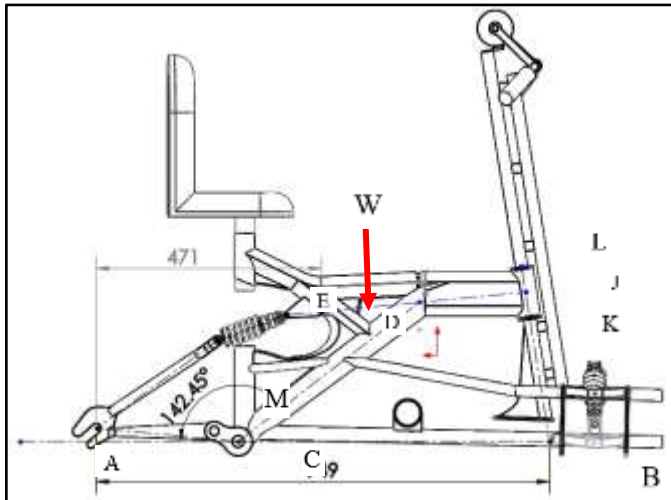
Analisa perhitungan kekuatan rangka sepeda digunakan supaya desain aman ketika beban terjadi, berdasarkan material yang digunakan yaitu steel A36. Analisa kekuatan material komponen diketahui dari berat pengendara yang terdistribusi pada rangka sepeda. Faktor keamanan merupakan aspek penting dalam perancangan, yaitu digunakan untuk menentukan tingkat keamanan dari material rangka terhadap beban yang terjadi. Beban yang dimaksud adalah beban dari berat pengendara sebesar 100 kg. Dengan bantuan *software Autodesk Inventor 2014 Student Version* yaitu memasukkan data material yang akan digunakan, yaitu steel A36, didapatkan data sebagai berikut:

1. Material komponen : Steel A36
2. Density : 7850 Kg/m^3
3. Massa total komponen sepeda : 18 kg.
4. Massa rata-rata pengendara yang digunakan : 100 kg.

Dari data diatas didapatkan berat total (W) adalah:

$W = (\text{Massa semua komponen sepeda} + \text{massa pengendara}) \times \text{gravitasi.}$

$$W = (118) \text{ Kg} \times (9.81) \text{ m/s}^2 = 1156.4 \text{ N}$$



Gambar 4.17 Besar Gaya pada Batang Komponen Rangka

Mencari reaksi tumpuan pada titik A dan B

$$\sum F_y = 0 (\uparrow +)$$

$$R_A + R_B - W = 0$$

$$R_A + R_B - 1156.4 \text{ N} = 0$$

$$R_A + R_B = 1156.4 \text{ N} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$(W \times 471) - (R_B \times 949) = 0$$

$$(1156.4 \times 471) - (R_B \times 949) = 0$$

$$544664.4 - 949 R_B = 0$$

$$R_B = 544664.4 / 949$$

$$R_B = 573.9 \text{ N} \dots \dots \dots (4.2)$$

Substitusi ke persamaan.....(1) dan (2)

$$R_A + R_B = 1156.4 \text{ N}$$

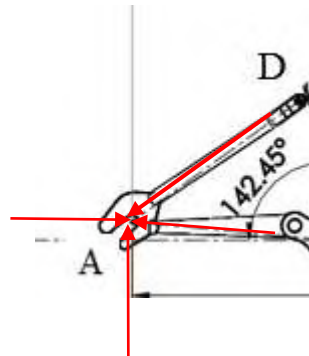
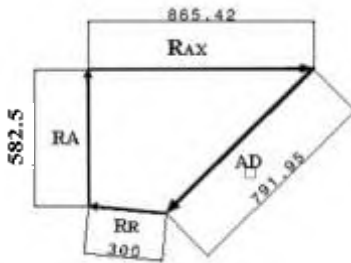
$$R_A + (573.9) \text{ N} = 1156.4 \text{ N}$$

$$R_A = 1156.4 \text{ N} - 573.9 \text{ N}$$

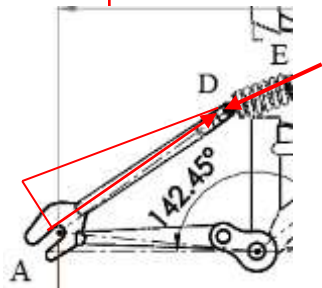
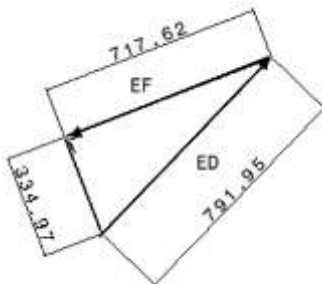
$$R_A = 582.5 \text{ N} \dots \dots \dots (4.3)$$

Selanjutnya adalah mencari besar gaya yang bekerja pada tiap batang rangka sepeda dengan metode grafik yaitu memakai bantuan *Autodesk Inventor 2014* (skala 1:1). Masing-masing analisa grafik pada batang rangka dapat dilihat sebagai berikut :

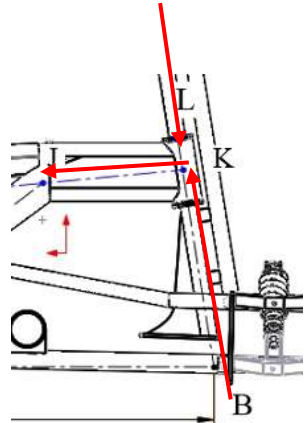
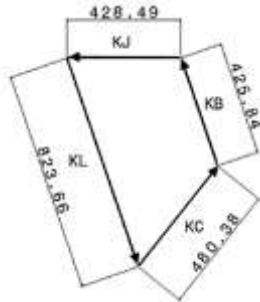
➤ Pada titik simpul A,D



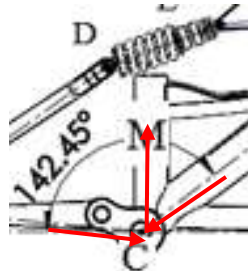
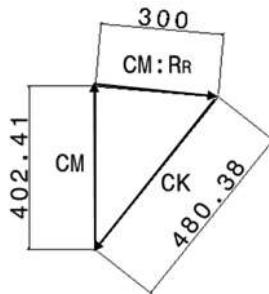
➤ Pada titik simpul D,E,F



- Pada titik simpul J,K,L,B



- Pada titik simpul A,C,M,K

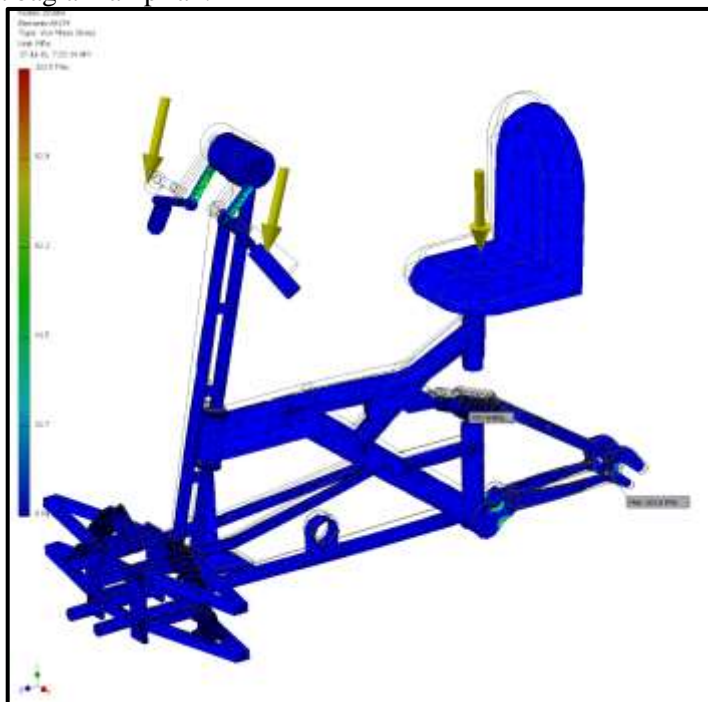


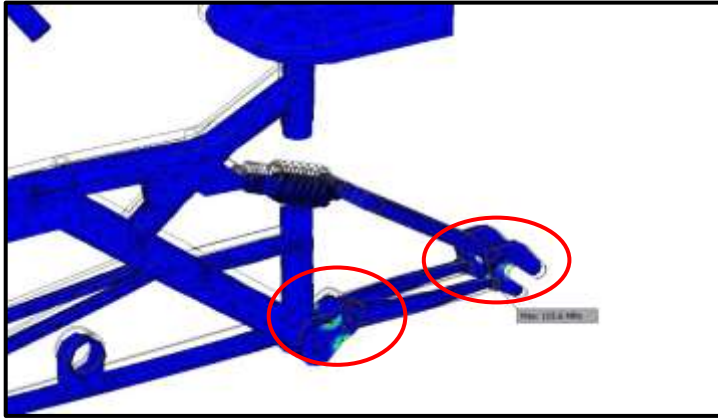
Tabel 4.2 Besar Gaya Pada Batang Komponen Rangka Sepeda

NO	BATANG	BESAR GAYA (N)	KETERANGAN
1	AC	300	Chain stay terhubung oleh rumah roda kiri dan kanan sebagai tempat tumpuan roda.
2	DE	791.95	Mekanisme back stay yang menghubungkan rumah roda dengan rumah seat tube.
3	EF	717.62	Batang rumah seat tube menopang posisi seat tube pada sudut yang digunakan.
4	JK	428.49	Batang rumah utama depan yang menghubungkan mekanisme batang top tube dengan rangka utama depan.
5	KC	480.38	Batang down tube yang menghubungkan rangka utama depan dengan rumah pedal.
6	CM	402.41	Batang rumah seat tube tengah yang menghubungkan seat tube dengan frame hole.

Dari hasil perhitungan gaya-gaya pada batang komponen rangka sepeda didapatkan gaya terbesar terjadi pada komponen *back stay*, yaitu batang DE dengan besar gaya 791.95 N.

Analisa kekuatan rangka menggunakan software Autodesk Inventor 2014 dengan metode *static analysis* pada tegangan *Von Mises*. Hasil analisa tegangan maksimum yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.15. Hasil analisa tersebut menghasilkan reaksi tegangan yang terletak di beberapa bagian komponen rangka sepeda. Tegangan maksimum paling tinggi sebesar 103,6MPa terletak pada daerah *back stay*. Besarnya tegangan yang terjadi pada lengan kayuh sepeda sebesar 62.2MPa. Sedangkan besarnya tegangan yang terjadi pada *frame hole* 72MPa. Beberapa analisa tegangan yang lain dicantumkan pada bagian lampiran.





Gambar 4.18 (a) Analisa Kekuatan Material Autodesk Inventor 2014 **(b)** Titik Maksimum

Hasil dari analisa software kemudian digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan. Selanjutnya nilai faktor keamanan yang dihasilkan dibandingkan dengan nilai faktor keamanan standard dari material yang digunakan. Apabila nilai yang dihasilkan lebih dari nilai keamanan standard yang digunakan, maka material aman digunakan. Namun, apabila nilai faktor keamanan yang dihasilkan kurang dari nilai faktor keamanan standard, artinya material tidak aman untuk digunakan. Nilai faktor keamanan yang dipakai sebagai standard adalah nilai faktor keamanan material baja pada kondisi *steady load*, yaitu nilainya 4. Hasil perhitungan keamanan metode Von Mises adalah sebagai berikut:

$$FaktorKeamanan = \frac{Tegangan\ Maksimum}{Tegangan\ Kerja\ atau\ Desain} = \frac{550MPa}{103,6MPa} = 5,3$$

Nilai faktor keamanan dari perhitungan adalah 5,3. Menurut standard yang digunakan seperti terlihat pada tabel 4.3 nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari analisa lebih besar dari standard, yaitu diatas 4. Artinya material baja yang digunakan untuk rangka aman sebagai material rangka.

Tabel 4.3 Faktor Keamanan pada Material [Nugraha, 2004]

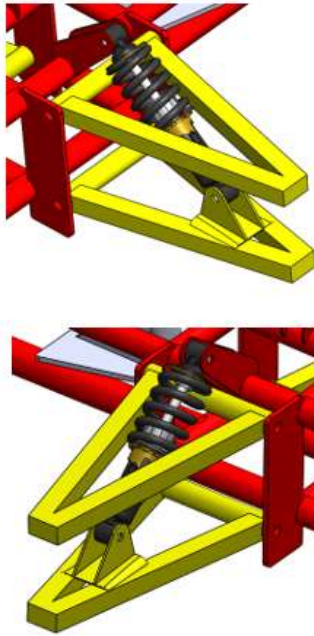
<i>Material</i>	<i>Steady Load</i>
Baja Tuang	5-6
Besi Tempa	4
Baja	4

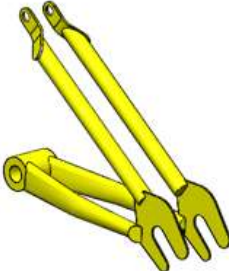


4.2.4.2 Rancangan DFM (Design For Manufacturing)

Perancangan rangka utama dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu rangka depan, rangka samping, rangka belakang, tuas steering, dan kayuhan tangan. Perancangan komponen dari masing-masing bagian tersebut dijelaskan dalam tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.4 Perancangan Rangka Utama Dan Kayuhan Tangan

Gambar Komponen	Deskripsi	DFM
Rangka Depan 	Rangka depan merupakan rangka utama yang menopang mekanisme kayuhan tangan dan kayuhan kaki secara keseluruhan.	Material yang digunakan pada rangka utama sepeda ini adalah pipa dan plat ASTM A36. Bagian – bagian rangka utama dipotong dengan menggunakan proses <i>pipe cutting</i> , selanjutnya bagian pipa yang paling besar diproses dengan <i>roll bending</i> dan <i>turning</i> pada bagian tengah. Penyambungan pipa

		<p>– pipa ini digunakan <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> atau biasa dikenal dengan istilah <i>GTAW</i>.</p>
<p>Rangka Samping (kanan dan kiri)</p> 	<p>Rangka samping merupakan penyalur rangka ke roda samping. Rangka ini dilengkapi oleh <i>shockbreaker</i>, sehingga akan memberikan kenyamanan pengendara saat jalan bergelombang.</p>	<p>Material yang digunakan adalah pipa dan plat ASTM A36. Pemotongan pipa menggunakan proses <i>pipe cutting</i> sedangkan untuk plat menggunakan proses <i>cutting</i> biasa. Proses bending dilakukan pada plat. Penyambungan pipa dan plat digunakan <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> atau biasa dikenal dengan istilah <i>GTAW</i>.</p>
<p>Rangka Belakang</p>	<p>Rangka belakang merupakan tempat terpasangnya roda belakang. Suspensi digunakan sebagai penghubung antara rangka belakang dengan rangka tengah agar</p>	<p>Material yang digunakan adalah pipa dan plat alloy steel ASTM A36 dengan proses <i>pipe cutting</i> dan bending. Penyambungan pipa-pipa ini digunakan <i>Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)</i>.</p>

	<p>sepeda lebih nyaman digunakan.</p>	
<p>Tuas <i>Steering</i></p> 	<p>Tuas <i>steering</i> ini merupakan tempat tumpuan dari kayuhan tangan dimana memiliki fungsi untuk terapi tangan. Selain itu tuas <i>steering</i> ini juga digunakan sebagai kemudi sepeda saat berkendara.</p>	<p>Material yang digunakan adalah pipa dan plat ASTM A36 dengan proses pipe cutting. Penyambungan pipa-pipa ini digunakan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW).</p>
<p>Kayuhan Tangan</p> 	<p>Kayuhan tangan ini merupakan tempat melakukan terapi tangan mode kayuhan dapat dibagi menjadi 4 jenis, antara lain <i>alternate, Synchron, Left Side, dan Right Side</i>.</p>	<p>Material yang digunakan adalah pipa dan plat ASTM A36 dengan proses pipe cutting. Penyambungan pipa-pipa ini digunakan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)</p>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PEMBUATAN, PERAKITAN, DAN EVALUASI DESAIN

5.1 Tempat Pembuatan

Pembuatan, dan perakitan sepeda pasca stroke ini dilakukan CV Smartech 2007 Surabaya. Pada tahap awal dilakukan diskusi desain, untuk membandingkan dengan desain sebelumnya. Tujuannya adalah apakah desain ini nantinya sudah bisa dimanufaktur ataukah ada kendala pembuatan yang dikarenakan faktor alat pendukung atau penunjang yang belum terfasilitasi, dengan harapan nantinya saat proses pembuatan sepeda *pasca stroke* ini tidak ada kendala ditengah perjalanan. Fasilitas yang ada di bengkel antara lain, mesin bubut, mesin frais, dan las.



Gambar 5.1 Fasilitas Mesin Bubut

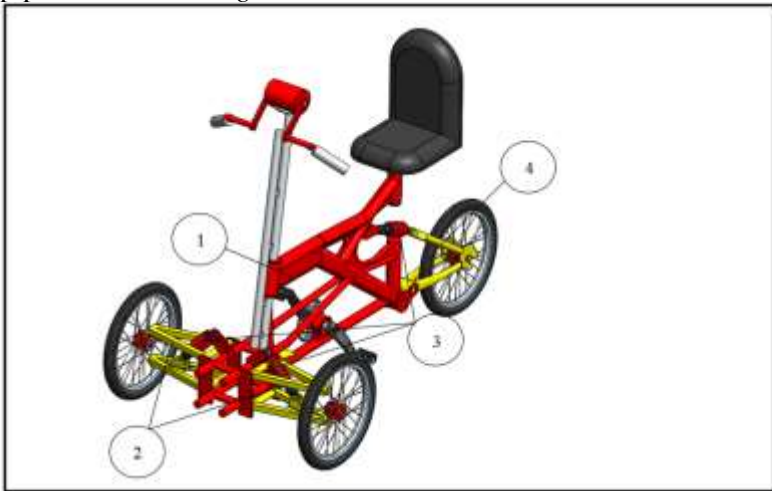


Gambar 5.2 Fasilitas Mesin Frais

5.2 Proses Pembuatan Rangka dan Perakitan

5.2.1 Proses Pembuatan Rangka

Rancangan sepeda akan direalisasi menjadi sebuah *prototype* sepeda roda tiga seperti terlihat pada gambar 5.3. Pembuatan rangka secara umum terdiri dari proses pemotongan pipa dan *roll bending*.



Gambar 5.3 Sepeda *Pasca Stroke* Beserta Bagiannya

Keterangan:

1. Rangka Tengah
2. Rangka Samping
3. Suspensi
4. Rangka Belakang

Pembuatan rangka utama dipecah menjadi beberapa bagian komponen rangka, yaitu rangka tengah, rangka samping, dan rangka belakang. Sebagai kelengkapan rangka tersebut

komponen standard tidak dibuat, namun menggunakan komponen yang sudah ada dipasaran.

Tabel 5.1 Bagian Komponen Sepeda Yang Dibuat dan Dibeli

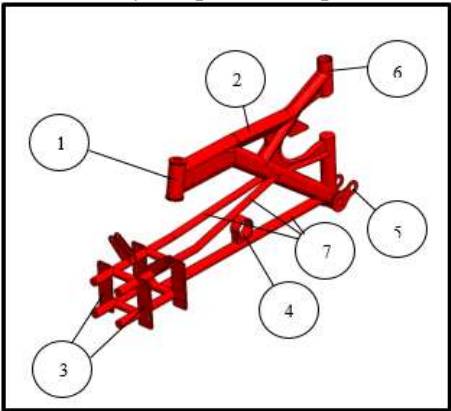
No	Nama Bagian Rangka	Keterangan
1	Engsel Kiri Rangka Depan	Dibuat
2	Engsel kanan Rangka Depan	Dibuat
3	Rangka Samping Kanan Bawah	Dibuat
4	Rangka Samping Kanan Atas	Dibuat
5	<i>Shockbreaker</i> Kanan	Dibeli
6	Engsel Atas <i>Shockbreaker</i> Kanan	Dibuat
7	Roda Depan Kanan	Dibeli
8	Engsel Bawah <i>Shockbreaker</i> Kanan	Dibuat
9	Rangka Samping Kiri Bawah	Dibuat
10	Engsel Bawah <i>Shockbreaker</i> Kiri	Dibuat
11	Engsel Atas <i>Shockbreaker</i> Kiri	Dibuat
12	<i>Shockbreaker</i> Kiri	Dibeli
13	Rangka Samping Kiri Atas	Dibuat
14	Roda Depan Kiri	Dibeli
15	Rangka Tengah	Dibuat
16	Tuas <i>Steering</i>	Dibuat
17	Kayuhan Tangan Kanan	Dibuat
18	Kayuhan Tangan Kiri	Dibuat
19	Tabung Pemberat Kayuhan Tangan	Dibuat
20	Pedal Kaki	Dibeli
21	<i>Sprocket</i>	Dibeli
22	Engsel Penghubung Rangka Belakang	Dibuat
23	<i>Shockbreaker</i> Rangka Tengah	Dibeli
24	Rangka Belakang	Dibuat
25	Pengunci Roda Belakang	Dibeli
26	Roda Belakang	Dibeli

Berikut akan dijelaskan pembuatan secara umum masing-masing bagian rangka.

5.2.1.1 Pembuatan Rangka Tengah

Material rangka tengah dibuat dari pipa baja ASTM A36. Sebagai langkah awal pipa dipotong kemudian dilakukan *roll*

bending pada bagian yang melengkung. Bagian lubang dilakukan proses *drilling*, sedangkan pada bagian tertentu ada yang dilakukan dengan proses *turning*. Nama bagian-bagian rangka serta proses manufakturnya dapat dilihat pada tabel 5.2.



Gambar 5.4 Bagian-Bagian Rangka Tengah

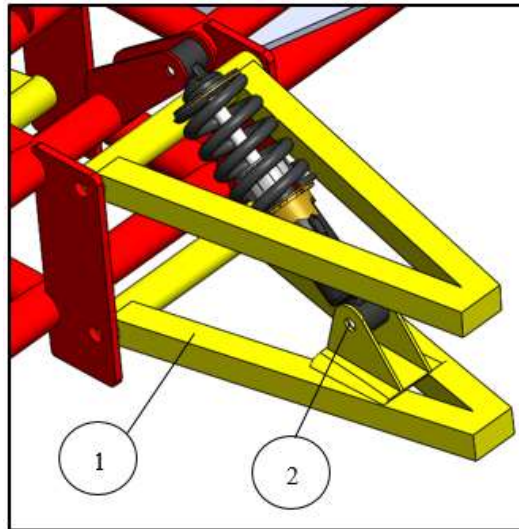
Tabel 5.2 Bagian-Bagian Rangka Tengah Serta Proses Manufakturnya

No	Nama Bagian Rangka	Proses Manufaktur
1	Head Tube	Cutting
2	Top Tube	Cutting, Reduction
3	Side Tube	Cutting, Reduction
4	Crank Bracket	Cutting, Turning
5	Back Frame Holder	Drilling, Bending
6	Seat Tube	Cutting
7	Lower Tube	Cutting, Roll Bending, Reduction

5.2.1.2 Pembuatan Rangka Samping

Rangka samping dibuat dengan berbagai macam proses diantaranya adalah proses pemotongan pipa, dan *boring*. Tahap

awal pembuatan rangka samping adalah memotong pipa dan plat. Kemudian pada bagian lubangnya dilakukan proses *boring*. Proses yang digunakan pada masing-masing bagian dapat dilihat pada gambar 5.5 berikut:



Gambar 5.5 Bagian-Bagian Rangka Samping

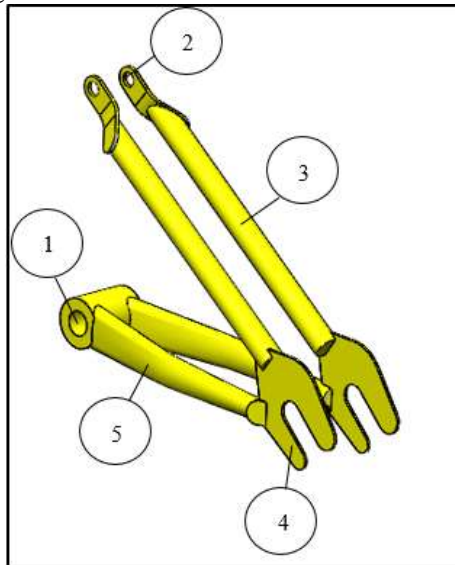
Tabel 5.3 Bagian-Bagian Rangka Samping Serta Proses Manufakturnya

No	Nama Bagian Rangka	Proses Manufaktur
1	<i>Side Tube</i>	<i>Cutting</i>
2	<i>Holder</i>	<i>Cutting, Bending, Boring</i>

5.2.1.3 Pembuatan Rangka Belakang

Proses pembuatan rangka belakang adalah proses pemotongan pipa, *roll bending*, dan *boring*. Pembuatan rangka belakang dimulai dari proses pemotongan pipa dan plat.

Selanjutnya dilakukan *roll bending* pada bagian pipa yang melengkung. Pada bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Proses yang digunakan pada masing-masing bagian dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut:



Gambar 5.6 Bagian-Bagian Rangka Belakang

Tabel 5.4 Bagian-Bagian Rangka Belakang Serta Proses Manufakturnya

No	Nama Bagian Rangka	Proses Manufaktur
1	<i>Frame Holder</i>	<i>Cutting</i>
2	<i>Suspension Holder</i>	<i>Cutting, Bending, Drilling</i>
3	<i>Back Fork</i>	<i>Cutting, Roll Bending</i>
4	<i>Back Fork End</i>	<i>Cutting, Roll Bending</i>
5	<i>Back Stay</i>	<i>Cutting, Roll Bending</i>

5.2.2 Proses Perakitan Rangka

Setelah melakukan revisi desain, akhirnya pembuatan dan perakitan sepeda dimulai. Pengerjaan sepeda ini dilakukan oleh dua orang bengkel, yaitu Bapak Joel, dan bapak Gunawan. Sedangkan pemilik bengkel ini bernama bapak Dani. Beliau alumni Teknik Mesin ITS angkatan 2000. Untuk jadwal mengontrol pembuatan sepeda, dilakukan tiga kali dalam satu minggu. Proses pembuatan sepeda *pasca stroke* dilakukan selama satu bulan. Berikut ini adalah foto-foto pada saat proses perakitan sepeda *pasca stroke*.



Gambar 5.7 Perakitan Rangka Tengah, Samping, dan Rangka Belakang Tampak Depan

Tahap pertama adalah perancangan rangka utama, dimana rangka dirancang sedemikian hingga agar pengendara mudah untuk naik dan turun dari sepeda. Rangka utama ini dilengkapi suspense yang terletak dibagian tengah belakang. Diharapkan dengan adanya suspense ini mampu memberikan kenyamanan pengendara saat berada di jalan yang tidak rata.



Gambar 5.8 Perakitan Dudukan *Sprocket* Sepeda

Pada perakitan dudukan rumah *sprocket* ini disesuaikan oleh posisi postur tubuh orang Indonesia dengan tinggi badan antara 150 cm sampai 180 cm. karena posisi tinggi rendahnya beserta jarak dari pengendara pasien sproket depann ini akan menentukan tingkat kenyamanan posisi kaki pengendara. Karena apabila posisi sproket terlalu dekat maka kaki akan menekuk terus pada saat mengayuh pedal, sehingga pasien akan merasa cepat capek dan bisa menghambat jalannya terapi.



Gambar 5.9 Komponen *Part* Pemberat Sebagai Terapi Tangan Pasien



Gambar 5.10 Rangkaian *Assembly* Pemberat Sebagai Terapi Tangan Pasien

Pada mekanisme kayuhan tangan ini memiliki rangkaian komponen pemberat yang berbentuk silindris. Komponen tersebut terletak diantara kedua kemudi, disusun dalam satu rangkaian komponen *assembly*, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Satu part tabung silindris berongga

2. Satu part poros bertingkat
3. Dua buah bearing

Part silindris yang dimaksud ini digunakan untuk pemberat, tujuannya adalah untuk melatih otot – otot tangan pasien saat memutar kayuhan tangan sebagai terapi tangan. Rangkaian pemberat kayuhan tangan ini terdapat lubang tempat pelumasan, sehingga apabila saat dikayuh terasa sulit berputar maka bisa diberi pelumas. Bentuknya yang sederhana, mudah dirangkai sendiri, sehingga memudahkan untuk bisa diganti part poros bertingkat sesuai kebutuhan.



Gambar 5.11 Perakitan Roda Depan Tampak Samping



Gambar 5.12 Perakitan Roda Depan Tampak Belakang

Selanjutnya adalah proses perakitan roda dengan rangka depan sepeda. pada tahap ini diharapkan sudut radius belok sepeda kecil dan ringan, sehingga memudahkan pengendara saat berbelok. Inovasi dari desain sepeda pada tahun sebelumnya adalah pada rangka depan ini dilengkapi oleh *shockbreaker* yang terletak diantara kedua roda. Tujuan nya adalah menambah kenyamanan pasien saat berkendara, meredam getaran sepeda saat ada jalan yang tidak rata. Untuk menghubungkan antara *steering* dengan roda depan dengan menggunakan tuas *universal joint* sehingga memberikan ruang gerak bebas sepeda saat berbelok. Roda yang digunakan adalah ukuran 18 *inch* supaya sepeda tidak terlalu tinggi sehingga lebih stabil saat berkendara. Gambar 5.13 dibawah ini menunjukkan hasil perakitan secara keseluruhan.



Gambar 5.13 Perakitan Sepeda (Tampak Samping)

Sepeda ini juga dilengkapi rem *handling* yang terletak di kedua *steering* kemudi. Kedua rem *handling* ini dihubungkan pada penggerak roda belakang. Jadi pada penggerak roda belakang terdapat rem *tromol* dan rem karet. Penggerak roda depan tidak dipasang rem karena dikhawatirkan apabila terjadi slip roda depan pada saat pengereman sepeda akan membahayakan pasien saat berkendara. Pada kursi sepeda *pasca stroke* ini dilengkapi sandaran kursi sepeda. Tujuannya adalah supaya pasien akan merasakan rileksasi, tidak tegang, sehingga akan memberikan kenyamanan saat berkendara.

5.3 Evaluasi Stabilitas Sepeda *Pasca Stroke*

Berdasarkan Badan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1049:2008, 7519:2009, uji fungsi atau pengujian fisik dan mekanik sepeda dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan pengujian pengereman, kekutan statik tak bergerak, pengujian kekuatan dinamis, dan pengujian kestabilan.

Tabel 5.5 Hasil Uji Fungsi Sepeda *Pasca Stroke*

Komponen / Bagian yang Diuji	Hasil	
	Ya	Tidak
Pedal kaki bisa digerakkan	√	
Pedal tangan bisa digerakkan	√	
Rem berfungsi	√	
Kemudi bisa berbelok	√	
Sepeda bisa dinaiki oleh pengendara dengan berat ± 100 kg	√	
Bisa digerakkan/dikayuh dengan kaki	√	
Bisa dikayuh dengan tangan	√	

5.3.1 Kemiringan sepeda

Pada pengujian kestabilan ini dimaksudkan agar pengendara sepeda pada kondisi jalan miring kurang lebih dari 10° tidak terguling atau terbalik sehingga akan mencelakakan pengendara. Proses pengujian dibuat dari papan dengan sudut kemiringan $10^\circ \pm 1^\circ$, ketentuan ukuran papan yang dibuat adalah lebih besar dari ukuran sepeda yang diuji, dengan meletakkan berbagai posisi (keatas, kebawah, kesamping). Beban dengan berat $50 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$, dimana W adalah beban dan F adalah gaya, yang diberi gantungan pengait pada sisinya (samping dan atas). Kemudian papan bersudut (miring) dengan sudut kemiringan 10° . Dengan meletakkan papan bersudut 10° dengan berbagai posisi meliputi:

- Menghadap ke atas (falling up the slope 10°) dengan sudut 10° , posisi roda depan di atas menyudut 10°
- Menghadap kebawah (falling down the slope 10°), dengan sudut 10° , posisi roda depan di bawah menyudut 10°

c) Miring ke samping (across the slope 10°) dengan sudut 10° , posisi sepeda menghadap ke samping dengan kemiringan sudut 10° . Kemudian pada setiap posisi diberikan beban pemberat sebesar $50 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$, yang diletakan di atas jok sepeda. Dari hasil uji sepeda pada uji kestabilan sepeda diatas papan bersudut, apabila tidak patah disetiap komponen dan juga tidak terguling atau terbalik maka dinyatakan lulus.

5.3.2 Sepeda Bergerak

5.3.2.1 Bergerak Lurus (Posisi Tangan dan Posisi Kaki)

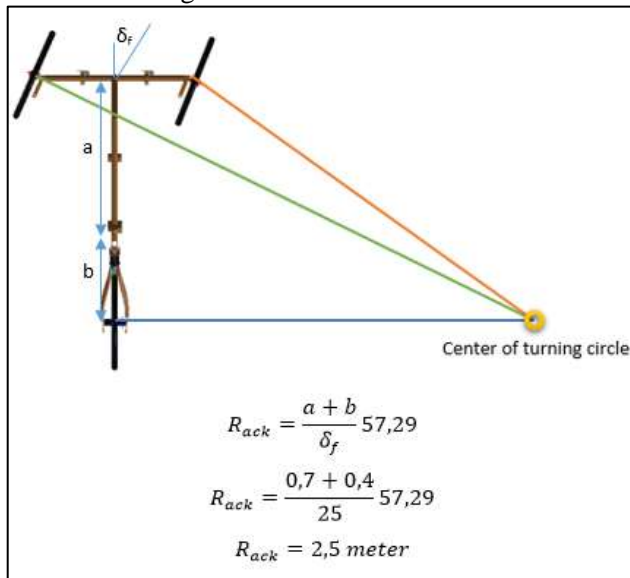
Pada prinsipnya sepeda *pasca stroke* ini ditujukan untuk terapi pasien *pasca stroke*, dimana sepeda ini dapat dimanfaatkan didalam ruangan ataupun diluar. Sepeda ini digerakkan oleh kayuh kaki saja yang *ditransmisikan* pada penggerak roda belakang. Sedangkan kayuhan tangan ini hanya digunakan untuk melatih otot tangan pasien pada saat sepeda statis. Pada mode statis ini, pertama sepeda harus diletakkan di *paddock* sepeda agar sepeda menjadi statis. Posisi tangan berada tepat di depan dada pasien. Untuk menggunakan kayuhan tangan ini harus dilepas dahulu pengunci kayuhan tangan yang terletak di kedua sisi kiri dan kanan silinder kayuh. Sedangkan posisi kaki tetap mengayuh guna melatih otot kakinya.



Gambar 5.14 Sepeda Bergerak Lurus

5.3.2.2 Bergerak Belok (Posisi Tangan dan Posisi Kaki)

Kemudi diuji dengan cara membelokkan kemudi dan mengukur sudut belok maksimal. Setelah diukur sudut belok maksimal agar aman digunakan adalah 24 derajat pada roda bagian dalam dan 26 derajat pada roda bagian luar. Radius belok dari sepeda ini jika menggunakan prinsip ackermann adalah sekitar 2,5 meter seperti terlihat pada gambar 5.14. Kemudi bisa dibelokkan ke kiri dan ke kanan dengan dikombinasikan dengan jenis/mode kayuhan. Perhitungan menggunakan prinsip ackermann adalah sebagai berikut:



Gambar 5.15 Perhitungan Ackermann



Gambar 5.16 Sepeda Bergerak Belok

5.4 Evaluasi Mekanisme Kayuhan Tangan

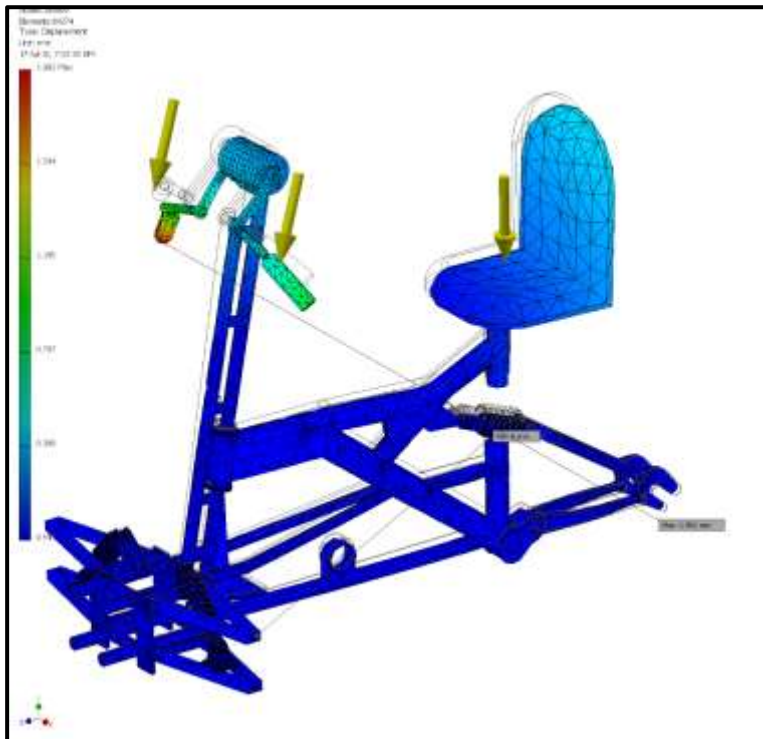
Dari hasil pengembangan sepeda *pasca stroke* baru, pada mekanisme kayuhan tangan masih manual. Untuk mengatur pemberat regulator, poros harus dikeluarkan secara manual dan diganti yang lebih besar. Hal ini tentunya menyulitkan pasien *stroke* sehingga perlu didampingi untuk mengatur pemberat kayuhan tangan sesuai kebutuhan. Untuk pengembangan kedepan, sebaiknya kayuhan tangan dibuat sistem transmisi supaya memudahkan pasien lebih praktis sesuai dengan kebutuhan, serta penambahan regulator penekan/pemegang sebagai pemberat.



Gambar 5.17 Mekanisme Kayuhan Tangan

5.5 Evaluasi Desain Rangka dan Suspensi

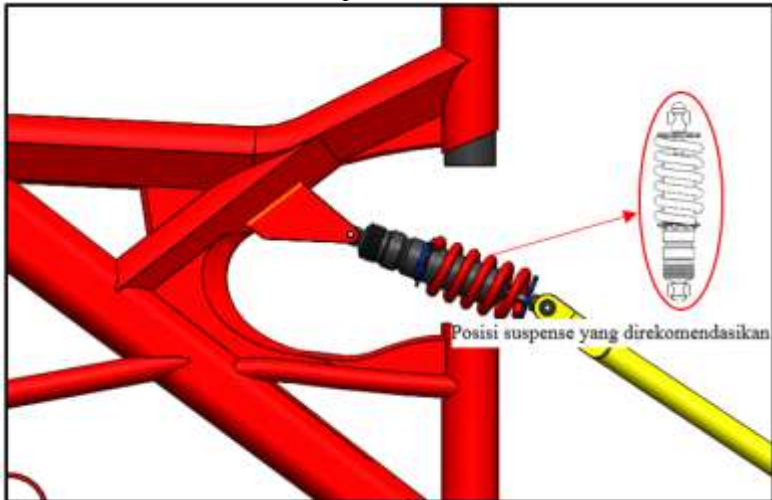
Dari hasil pengembangan sepeda *pasca stroke* baru terdapat beberapa evaluasi desain untuk pengembangan kedepan. Evaluasi yang pertama yaitu peletakan suspensi tengah pada rangka sepeda. Awalnya suspensi dibuat miring agar rangka sepeda memiliki dimensi ketinggian yang rendah supaya pasien tidak kesulitan saat hendak naik sepeda. Ditinjau dari pembuatan sepeda tahun sebelumnya, rangka sepeda terlalu tinggi bagi pasien sehingga kesulitan pada saat naik sepeda secara mandiri.



Gambar 5.18 Analisa *Displacement*

Dari hasil analisa *displacement* didapatkan, suspensi kurang mengalami defleksi. Artinya fungsi dari suspensi tidak maksimal. Sebaiknya untuk perbaikan kedepan agar posisi suspensi diletakkan tegak lurus sehingga dapat menopang beban dari pengendara dan rangka sepeda. Suspensi dibuat lebih pendek lagi agar rangka tetap memiliki ketinggian yang rendah. Evaluasi yang kedua adalah bentuk geometri rangka sepeda dibuat yang

lebih sederhana lagi dan tidak banyak sambungan rangka agar lebih mudah saat melakukan proses manufaktur.



Gambar 5.19 Peletakan Suspensi pada Rangka Tengah Sepeda

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari rancang bangun yang telah dilakukan dapat dilakukan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *prototype* rangka sepeda didapatkan:
 - a) Rangka sepeda *pasca stroke* memiliki 2 roda didepan, dan 1 roda dibelakang dengan ukuran yang sama yaitu 18 *inch*.
 - b) Ukuran sepeda pasca stroke adalah: memiliki panjang sepeda (ujung depan sampai dengan belakang 1394 mm, lebar 737 mm, dan tinggi 1032 mm.
 - c) Dari 5 mode kayuhan, nilai ergonomi dari konsep dianalisa dengan menggunakan metode *RULA* didapat nilai 2 dan 3 yang artinya sepeda yang didesain nyaman.
 - d) Dari analisa tegangan rangka sepeda *pasca stroke* menggunakan material baja *ASTM A36* mampu menahan beban 100kg, dimana tegangan maksimum terjadi pada *back stays* sebesar 103,6MPa, dan nilai faktor keamanan lebih dari 4, artinya material baja aman digunakan untuk material rangka.
2. Mekanisme kayuhan tangan digunakan hanya untuk terapi statis.
3. Dari uji keselamatan yang telah dilakukan , sepeda dapat digunakan untuk gerak lurus, menanjak dan menurun, serta berbelok dengan aman.

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, disampaikan saran untuk pengembangan dalam penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Sepeda dirancang lebih kompleks lagi untuk memenuhi fungsi dari kebutuhan terapi pasien, dan geometri diperkecil lagi agar mudah dibawa dan disimpan di dalam ruangan.
2. Peletakan suspensi sepeda agar dibuat tegak lurus dan geometri suspensi dibuat lebih pendek agar suspensi

berfungsi maksimal dan rangka tengah sepeda tetap rendah.

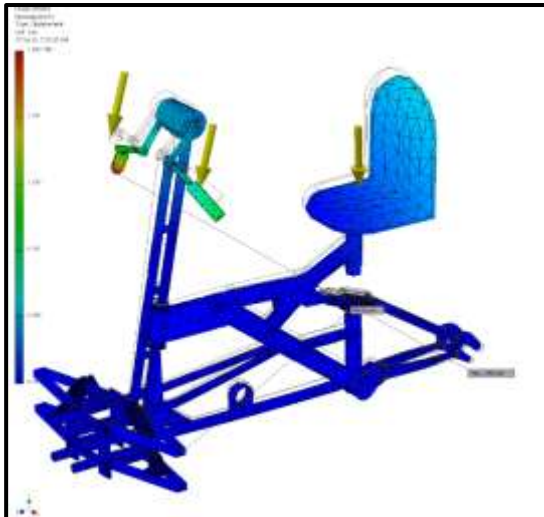
3. Kayuhan tangan dibuat sistem transmisi supaya memudahkan pasien untuk penggunaan, lebih praktis sesuai dengan kebutuhan, serta penambahan regulator penekan/pemegang sebagai pemberat.

Lampiran 1

Principal Analysis



Dari hasil *principal analysis*, nilai maksimum terletak pada *back stay* sebesar 47.4MPa. Sedangkan nilai minimum terletak pada permukaan samping *hole frame* sebesar -103.6 MPa. Pada area lengan kayuhan tangan juga mengalami reaksi sebesar -73.4 MPa.

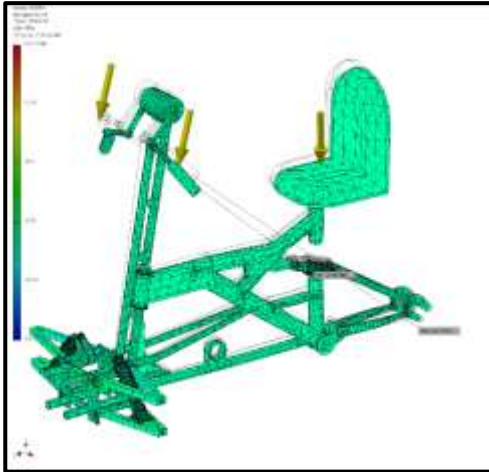


Displacement Analysis

Dari hasil *displacement analysis*, nilai maksimum terletak pada ujung kemudi sepeda sebesar 1.992 mm, sedangkan pada pangkal kemudi sebesar 0.797 mm.

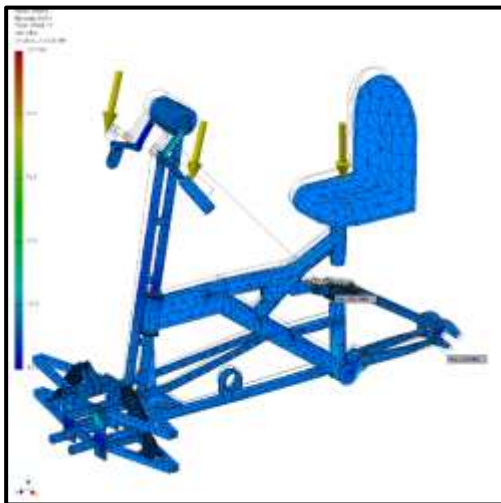
Lampiran 2

Stress Coordinate XX Analysis



Dari hasil Stress Analysis Coordinate XX didapatkan hasil nilai maksimum yang terletak kemudi sepeda sebesar 64.72 MPa. Sedangkan nilai minimum terletak pada rangka tengah bagian bawah *seat* sebesar -56.58MPa.

Stress Coordinate YY Analysis



Dari hasil analisa stress coordinate yy didapatkan hasil nilai maksimum terletak pada bagian *back stay* sebesar 123 MPa. Sedangkan nilai minimum terletak pada kayuhan tangan sebesar -53.1 MPa. Pada area rangka

samping bagian depan juga mengalami reaksi sebesar -17.9 MPa.

Lampiran 3

Stress Coordinate ZZ Analysis



Dari hasil analisa stress coordinate zz didapatkan nilai maksimum yang terletak pada area *back stay* sebesar 80.48 MPa. Sedangkan nilai minimum terletak pada area permukaan *hole frame* sebesar -96.91 MPa.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari rancang bangun yang telah dilakukan dapat dilakukan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *prototype* rangka sepeda didapatkan:
 - a) Rangka sepeda *pasca stroke* memiliki 2 roda didepan, dan 1 roda dibelakang dengan ukuran yang sama yaitu 18 *inch*.
 - b) Ukuran sepeda *pasca stroke* adalah: memiliki panjang sepeda (ujung depan sampai dengan belakang 1394 mm, lebar 737 mm, dan tinggi 1032 mm.
 - c) Dari 5 mode kayuhan, nilai ergonomi dari konsep dianalisa dengan menggunakan metode *RULA* didapat nilai 2 dan 3 yang artinya sepeda yang didesain nyaman.
 - d) Dari analisa tegangan rangka sepeda *pasca stroke* menggunakan material baja *ASTM A36* mampu menahan beban 100kg, dimana tegangan maksimum terjadi pada *back stays* sebesar 103,6MPa, dan nilai faktor keamanan lebih dari 4, artinya material baja aman digunakan untuk material rangka.
2. Mekanisme kayuhan tangan digunakan hanya untuk terapi statis.
3. Dari uji keselamatan yang telah dilakukan , sepeda dapat digunakan untuk gerak lurus, menanjak dan menurun, serta berbelok dengan aman.

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, disampaikan saran untuk pengembangan dalam penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Sepeda dirancang lebih kompleks lagi untuk memenuhi fungsi dari kebutuhan terapi pasien, dan geometri diperkecil lagi agar mudah dibawa dan disimpan di dalam ruangan.

2. Peletakan suspensi sepeda agar dibuat tegak lurus dan geometri suspensi dibuat lebih pendek agar suspensi berfungsi maksimal dan rangka tengah sepeda tetap rendah.
3. Kayuhan tangan dibuat sistem transmisi supaya memudahkan pasien untuk penggunaan, lebih praktis sesuai dengan kebutuhan, serta penambahan regulator penekan/pemegang sebagai pemberat

DAFTAR PUSTAKA

- Andi. 2014. *Pengembangan Sepeda Pasca Stroke*. Surabaya: Thesis Magister Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Arifin, Ahmad Anas. 2014. *Evaluasi Rancangan Sepeda Pasca Stroke Ditinjau Dari Aspek Perakitan Dengan Menghitung Efisiensi Desain Perakitan*. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Imama, Arifa Candra. 2014. *Evaluasi Rancangan Dalam Rangka Pengembangan Sepeda Pasca Stroke Berdasarkan Mekanisme Gerak, Ergonomi, dan Kekuatan Material Menggunakan Software Catia V5R20*. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Nugroho, N.H., “Perancangan dan Pembuatan Sepeda Ringan dan Kuat (Sebuah Realisasi Permintaan Konsumen)”, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 2004.
- Riva’i, M. 2013 *Pengujian Sepeda Pasca Stroke*. Surabaya: Thesis Magister Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Rodika. 2013. *Rancang Bangun Sepeda untuk Pasien Pasca Stroke*. Surabaya: Thesis Magister Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Sunardi. 2014. *Diktat Tegangan Kerja*. Didownload pada 27 Februari 2015 di scribd.com
- Nurul Faizi, Syifa’. 2015 *Rancang Bangun Sepeda Pasca Stroke Lipat*. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.

BIODATA PENULIS



Sandy Oktavian dilahirkan di Tuban, 08 Oktober 1992. Anak pertama dari Harjono dan Kusmiwati, kakak dari Isna Nur Fahmi. Penulis menyelesaikan masa studi Sekolah Dasar di SDN Perbon 2 Tuban, pada tahun 2005, dilanjutkan ke SMP N 5 Tuban lulus pada tahun 2008, dan SMK N 1 Tuban lulus pada tahun 2011.

Selepas SMK penulis melanjutkan studi di S1 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut

Teknologi Sepuluh Nopember dan kemudian mengambil bidang studi manufaktur. Selama kuliah pengurus aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Mesin ITS. Penulis pernah menjabat sebagai kepala biro finansial KESMA HMM ITS. Penulis tertarik pada pengembangan produk, oleh karena itu penulis mendedikasikan Tugas Akhir dengan judul “Pengembangan Rancang Bangun Sepeda *Pasca Stroke*”.

Untuk semua masukan informasi dan masukan dapat menghubungi penulis melalui email sandy.solidprofessor@gmail.com.